

# MATIÈRE ORGANIQUE RÉSIDENTIELLE ET SPÉCIFICITÉS TERRITORIALES QUÉBÉCOISES : LES MODES DE GESTION À PRÉCONISER

Par  
Jonathan Mony

Essai présenté au Centre universitaire de formation  
en environnement et en développement durable en vue  
de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.)

Sous la direction de monsieur Marc J. Olivier

MAITRISE EN ENVIRONNEMENT  
UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Juillet 2017

## SOMMAIRE

Mots clés : Matières organiques, matières résiduelles, compostage, biométhanisation, pyrolyse, gazéification, recyclage, valorisation, contexte territorial du Québec

La Politique québécoise de gestion des matières résiduelles a prévu bannissement des matières organiques des sites d'élimination en 2020. Toutefois, le territoire québécois est vaste et la gestion des MO doit tenir compte des contraintes physiques et humaines qui s'y appliquent pour que les mesures soient efficaces.

L'objectif de cet essai est d'associer les modes de gestion de la matière organique résidentielle avec les spécificités territoriales québécoises. Pour y arriver, cinq objectifs spécifiques sont établis. Il s'agit de : présenter les modes de gestion et technologies de mise en œuvre possible pour la récupération des matières organiques pour les objectifs de 2020, de proposer une typologie pour catégoriser le territoire, d'évaluer l'acceptabilité sociale et les dimensions territoriales des modes de traitement, d'analyser les modes de gestion préférables selon la typologie territoriale et de classer ces modes de gestion au moyen d'une grille d'analyse.

L'analyse du contexte territorial québécois a permis la division du territoire en quatre catégories : zone urbaine, zone suburbaine, zone rurale ainsi que collectivité nordique et région éloignée. L'évaluation des avantages et inconvénients des modes de gestion a amené à leur insertion dans ce contexte territorial. Ces modes sont le compostage domestique et industriel, la biométhanisation, la pyrolyse, la gazéification et la combustion avec cogénération. Les résultats démontrent que les solutions de compostage, de biométhanisation et de combustion avec cogénération sont les technologies les plus réalisables et préconisées pour une application sur le territoire, dans différents contextes.

De ces résultats découlent plusieurs recommandations. La mise en place d'un cadre de gestion adapté aux objectifs du gouvernement, l'augmentation du nombre d'infrastructures de traitement ou de la capacité de traitement de celles-ci ainsi que l'imposition de la collecte de la 3e voie lorsque possible sont parmi les principales recommandations faites. La prise en compte des différents contextes et réalités territoriales permettra une meilleure gestion des matières organiques résidentielles et la concrétisation des objectifs gouvernementaux concernant la gestion des matières résiduelles.

## **REMERCIEMENTS**

Je tiens d'abord et avant tout à remercier mon directeur d'essai, monsieur Marc. J. Olivier, pour son accompagnement et sa grande flexibilité. Son aide dans l'élaboration de mon essai et ses commentaires m'ont permis d'en bonifier continuellement le contenu. Ses conseils et rétroactions ont grandement contribué au bon déroulement de mon essai.

Je veux ensuite remercier mon entourage proche. Vous n'avez jamais cessé de m'encourager, me supporter et me motiver au cours de toutes mes années études et dans la réalisation de cet essai qui est l'aboutissement de ce parcours. Vous avez toujours su être à l'écoute quand j'en avais le plus besoin et me donner les réponses sincères qui m'étaient nécessaires pour continuer d'avancer dans mon parcours académique et la rédaction de mon essai.

Finalement, merci à tous mes amis et collègues de la maîtrise avec qui j'ai passé ces deux dernières années. Le temps passé avec vous aura su marquer mon passage à la maîtrise en environnement.

## **TABLES DES MATIÈRES**

INTRODUCTION .....	1
1. MISE EN CONTEXTE .....	3
1.1 Les matières résiduelles .....	3
1.2 Les matières organiques résidentielles au Québec.....	4
1.3 La problématique de gestion de la MO résidentielle .....	7
1.3.1 État des lieux sur la gestion de la MO résidentielle .....	7
1.3.2 Facteurs sociaux .....	8
1.3.3 Facteurs économiques .....	9
1.3.4 Facteurs environnementaux .....	9
1.3.5 Facteurs techniques .....	10
2. LA MATIÈRE ORGANIQUE AU QUÉBEC .....	11
2.1 La gestion de la MO au Québec.....	11
2.1.1 Législation concernant la MO.....	11
2.1.2 Normes concernant la MO .....	12
2.1.3 Programmes de gestion et de financement de la MO .....	14
2.1.4 Principaux intervenants.....	15
2.1.5 Particularités pour les milieux nordiques québécois .....	16
2.2 Approches de gestion et de collecte des MO.....	16
2.2.1 Types d’approches possibles .....	16
2.2.2 Dépôt de récupération .....	17
2.2.3 Site de collecte communautaire.....	17
2.2.4 Collecte porte-à-porte .....	18
2.2.5 Synthèse et comparaison des méthodes de collecte .....	18
3. CONTEXTE TERRITORIAL QUÉBÉCOIS .....	20
3.1 Caractéristiques physiques.....	20

3.3 Proposition de typologie .....	23
4. TECHNOLOGIES ET TECHNIQUES DE TRAITEMENT DE LA MATIÈRE ORGANIQUE .....	25
4.1 Enfouissement dans un lieu d'enfouissement technique .....	25
4.2 Compostage domestique ou communautaire .....	25
4.2.1 Avantages .....	25
4.2.2 Inconvénients .....	26
4.3 Compostage industriel .....	26
4.3.1 Avantages .....	27
4.3.2 Inconvénients .....	28
4.4 Biométhanisation .....	28
4.4.1 Avantages .....	29
4.4.2 Inconvénients .....	30
4.5 Pyrolyse .....	30
4.5.1 Avantages .....	31
4.5.2 Inconvénients .....	31
4.6 Gazéification .....	32
4.6.1 Avantages .....	32
4.6.2 Inconvénients .....	32
4.7 Combustion avec cogénération.....	33
4.7.1 Avantages .....	33
4.7.2 Inconvénients .....	34
5. ANALYSE DES RÉSULTATS .....	36
5.1 Méthodologie d'analyse.....	36
5.2 Compilation des données.....	37
5.3 Synthèse des résultats et commentaires .....	42
6. RECOMMANDATIONS.....	44

CONCLUSION .....	49
RÉFÉRENCES .....	51

## LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1.1	Répartition des matières organiques résiduelles en secteurs selon les divisions règlementaires .....	6
Tableau 1.1	Génération et recyclage des MO résidentielles au Québec en 2012 en tonnes humides.....	7
Tableau 2.1	Paramètres limites de classification des composts selon la norme BNQ .....	12
Tableau 2.2	Modifications envisagées à la norme sur les composts CAN/BNQ 0413-200.....	13
Tableau 2.3	Dépenses admissibles et pourcentages de subvention du cadre normatif du programme PTMOBC .....	14
Tableau 2.2	Synthèse des avantages et inconvénients des méthodes de collecte .....	19
Tableau 3.1	Répartition de la population québécoise selon les régions administratives en 2016.....	21
Tableau 3.2	Portrait de la répartition de la population selon la taille des municipalités.....	22
Tableau 3.3	Proposition de typologie territoriale et définition.....	24
Tableau 4.1	Comparaison des différentes technologies de compostage.....	27
Tableau 4.2	Synthèse des technologies applicables pour la mise en valeur des matières organiques résiduelles .....	35
Tableau 5.1	Grille d'évaluation de l'application des différents modes de gestion de la MO selon divers facteurs .....	38
Tableau 5.2	Grille de mise en relation de la typologie territoriale du Québec et des modes de gestion de la MO (procédés microbiologiques) .....	39
Tableau 5.3	Mise en relation de la typologie territoriale du Québec et des modes de gestion de la MO (procédés thermiques) .....	41

## LISTE DES ACRONYMES

3RV-E	Réduction à la source, réemploi, recyclage, valorisation et élimination
ACDC	Aide aux composteurs domestiques et communautaires
AQIC	Association québécoise des industriels du compostage
AQME	Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie
BNQ	Bureau de normalisation du Québec
C/N	Rapport carbone sur azote
CH <sub>4</sub>	Méthane
CO	Monoxyde de carbone
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
CTTÉI	Centre de transfert technologique en écologie industrielle
DBO	Demande biochimique en oxygène
ÉEQ	Éco Entreprises Québec
FMV	Fonds municipal vert
GES	Gaz à effet de serre
GMR	Gestion des matières résiduelles
H <sub>2</sub> O	Monoxyde de dihydrogène
Hab./km <sup>2</sup>	Habitants par kilomètre carré
ICI	Industries, commerces et institutions
ISE	Information, sensibilisation, éducation
ISQ	Institut de la statistique du Québec
IRDA	Institut de recherche et de développement en agroenvironnement
LEMN	Lieu d'enfouissement en milieu nordique



LET	Lieu d'enfouissement technique
LQE	<i>Loi sur la qualité de l'environnement</i>
MAMOT	Ministère des Affaires municipales et de l'Occupation du territoire
MDDEFP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs
MDDELCC	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
MDDEP	Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs
MO	Matière organique
MR	Matière résiduelle
MRC	Municipalité régionale de comté
MRF	Matières résiduelles fertilisantes
PGMR	Plan de gestion des matières résiduelles
PTMOBC	Programme de traitement de matières organiques par biométhanisation et compostage
RGMRM	Régie de gestion des matières résiduelles de la Mauricie
RREÉMR	Règlement sur les redevances exigibles pour l'élimination des matières résiduelles
s. d.	Sans date
TCMO	Table de concertation sur le recyclage des matières organiques

## LEXIQUE

Élimination	Opération visant le dépôt ou le rejet définitif de matières résiduelles effectuée en vue de leur élimination sans mise en valeur (ex. : enfouissement ou incinération sans récupération de chaleur) (Centre de transfert technologique en écologie industrielle [CTTÉI], 2013).
Recyclage	Utilisation d'une matière secondaire dans le procédé dont il est issu, en remplacement d'une matière vierge de même nature (Olivier, 2016).
Réduction à la source	Diminution de la quantité de matière utilisée pour la fabrication, la distribution ou l'utilisation d'un produit ou service (CTTÉI, 2013).
Réemploi	Utilisation répétée d'un produit sans modification de son apparence ou de ses propriétés (CTTÉI, 2013).
Siccité	Quantité de solides d'une matière, exprimée comme le complément de l'humidité (Amarante, 2010).
Valorisation énergétique	Récupération de l'énergie contenue dans les liens chimiques par transformation irréversible des matériaux récupérés (CTTÉI, 2013).
Valorisation matière	Toute opération de valorisation par transformation irréversible des matériaux par laquelle des matières résiduelles sont traitées pour être utilisées comme substitut à des matières premières (CTTÉI, 2013).

## INTRODUCTION

Les sociétés modernes se définissent par une consommation grandissante de produits, au point où le terme surconsommation est de plus en plus utilisé pour décrire ce phénomène. Alors que cette consommation qui se veut en croissance permanente, pour assurer la croissance économique, se déroule dans un système de ressources limitées, des problèmes quant aux conséquences de celle-ci font surfaces. Ainsi, toute consommation entraîne la production de matières résiduelles (MR) qu'il faut savoir gérer en fin de vie. Historiquement, les modes de gestions préconisés étaient l'enfouissement et l'incinération de ces MR.

Au Québec, la production annuelle de MR s'élève à près de 13 millions de tonnes métriques, desquelles la matière organique résidentielle (résidus verts et alimentaires) représente environ 1 546 000 tonnes humides (RECYC-QUÉBEC, 2014). La dégradation de cette MO dans les sites d'enfouissement est négative pour l'environnement, notamment par l'émission de gaz à effet de serre (GES) et la formation de lixiviat. L'incinération, quant à elle, entraîne l'émission de divers polluants atmosphériques.

Dans le cadre de la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles, le Plan d'action 2011-2015 prévoit le bannissement de la MO de l'élimination en 2020. Il semble peu envisageable qu'un seul mode de gestion, lisse et universel, puisse être appliqué à l'ensemble du territoire québécois, compte tenu des spécificités qu'on y retrouve à diverses échelles spatiales (physique et humaines). Le Québec devra donc faire face à une problématique de gestion des MO au cours des prochaines années.

Ainsi, il convient de déterminer certaines caractéristiques territoriales pour diviser le territoire québécois et d'y étudier l'application possible, et de manière efficiente, de l'un ou l'autre des modes de gestion de la MO (ex. : compostage, biométhanisation et gestion du digestat, valorisation thermique, etc.).

Le présent essai trouve donc sa place dans ce contexte général. Dans le but d'offrir des solutions et des pistes de réflexion à la problématique ici décrite, l'objectif principal de cet essai est d'associer les modes de gestion de la MO résidentielle avec les spécificités territoriales québécoises.

L'atteinte de cet objectif principale se base sur la réalisation d'une série d'objectifs spécifiques. D'abord, une présentation les modes de gestion et technologies de mise en œuvre possible de récupération de la MO dans le contexte des objectifs du Québec pour 2020. Puis, la catégorisation des territoires à couvrir en proposant une typologie. Ensuite, l'évaluation de l'acceptabilité sociale et des dimensions territoriales des modes de traitement. Par la suite, l'analyse des modes de gestion préférables selon la typologie territoriale

préalablement établie. La classification des modes de gestion par région selon une grille d'analyse représente le dernier de ces objectifs.

L'essai se divise en six chapitres distincts qui, ensemble, permettent de couvrir les objectifs spécifiques et d'atteindre l'objectif principal. Le premier chapitre présente une mise en contexte de la gestion des MR et MO au Québec et de sa problématique. Le second chapitre recentre le sujet sur le portrait des MO résidentielles au Québec en approfondissant celui-ci. Dans le troisième chapitre, le contexte territorial du Québec est fixé. Le quatrième chapitre fait une présentation des divers modes de gestion et technologies applicables à la MO. L'approche méthodologique, les critères d'analyse et l'analyse en elle-même sont exposés dans le cinquième chapitre. Finalement, le sixième chapitre émet des recommandations qui permettent d'apprécier la portée de l'essai et de suggérer des considérations à appliquer au chantier de la gestion des MO au Québec. Une conclusion permet de faire la synthèse de l'ensemble en revenant sur les principaux éléments.

## **1. MISE EN CONTEXTE**

Le premier chapitre de cet essai présente une mise en contexte de la problématique de gestion de la matière organique au Québec. Plus précisément, il s'agit ici de positionner le cadre de la gestion des matières résiduelles (GMR) au Québec, puis de cibler la nature de la MO visée par l'essai avant de terminer avec l'exposition de sa problématique de gestion dans le cadre de la 3<sup>e</sup> Politique québécoise de gestion des matières résiduelles (ci-après nommée la Politique).

### **1.1 Les matières résiduelles**

Les MO sont une sous catégories des matières résiduelles. Au Québec, la nature des MR est définie par la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) comme suit :

« Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau ou produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que le détenteur destine à l'abandon » (L.R.Q., c, Q-2, art. 1, al. 11)

Annuellement, la production de MR dans la province s'élève à un peu plus de 13 millions de tonnes. Pour le gouvernement, ces MR représentent un gisement de grande taille dont son défi de gestion consiste à détourner ses diverses composantes de la voie de l'élimination en fin de vie, le tout s'inscrivant dans une volonté de développement durable et de gestion efficiente des ressources et divers gisements disponibles (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques [MDDELCC], 2017a et RECYC-QUÉBEC, 2014).

Les méthodes de gestion traditionnelles des MR par enfouissement ou incinération entraînent une série d'impacts environnementaux. Sur le plan de l'enfouissement, à l'échelle canadienne, le secteur des MR produit environ 4 % des émissions nationales de GES (Environnement et Changement climatique Canada, 2016). Les données de 2013 nous informent que ce même secteur est responsable de l'émission de 7,2 % des GES au Québec, ce qui le positionne au 5<sup>e</sup> rang par secteur d'activité (MDDELCC, 2016). Une grande proportion de ces GES, environ 80 %, sont dus à la production de méthane lors de la décomposition de la biomasse enfouie dans les sites d'élimination (Environnement et Changement climatique Canada, 2016).

De plus, la décomposition de cette MO dans les sites d'élimination par enfouissement contribue à la production d'un lixiviat acide qui favorise la prise en charge des métaux lourds, augmente la demande biochimique en oxygène (DBO) et présente un risque de contamination pour les eaux de surfaces et souterraines (Olivier, 2016). En ce qui a trait à l'incinération, ce mode de gestion entraîne l'émission de plusieurs polluants atmosphériques (Olivier, 2016).

Afin de mettre un terme au gaspillage des ressources et de lutter contre les changements climatiques, le gouvernement du Québec défend le principe des 3RV-E dans la GMR. Ce principe repose sur une hiérarchisation de la GMR par priorisation des modes de gestion. Ceux-ci sont, dans l'ordre, la réduction à la source, le réemploi, le recyclage, la valorisation de matière et l'élimination (MDDELCC, 2014a et Boiselle, 2011).

À terme, la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles a pour objectif, en ce qui concerne la GMR, qu'une seule matière résiduelle emprunte le chemin de l'élimination, c'est-à-dire le résidu ultime. Ce dernier se définit comme suit :

« Résidu ou déchet qui résulte du tri, du conditionnement et de la mise en valeur des matières résiduelles et qui n'est plus susceptible d'être traité dans les conditions techniques et économiques disponibles pour en extraire la part valorisable ou en réduire le caractère polluant ou dangereux. » (MDDELCC, 2015)

Une approche de gestion par résidu ultime sous-entend qu'il y aura toujours un certain volume de déchet qui devra emprunter la voie de l'élimination, que ce soit par enfouissement ou incinération. On peut voir ici l'approche par résidu ultime comme étant modulable, car elle dépend grandement des moyens techniques ou économiques disponibles ou consentis par les intervenants de la GMR afin d'intercepter et d'utiliser les flux de matières disponibles. Par exemple, une certaine quantité de verre peut rejoindre les MR et, bien que cette matière puisse être réutilisée ailleurs, les coûts pour sa ségrégation en dehors des flux de MR, la faible valeur ajoutée et le manque de marchés économiques pour la revente font en sorte que cette matière peut parfois se retrouver à l'élimination malgré sa nature « recyclable ».

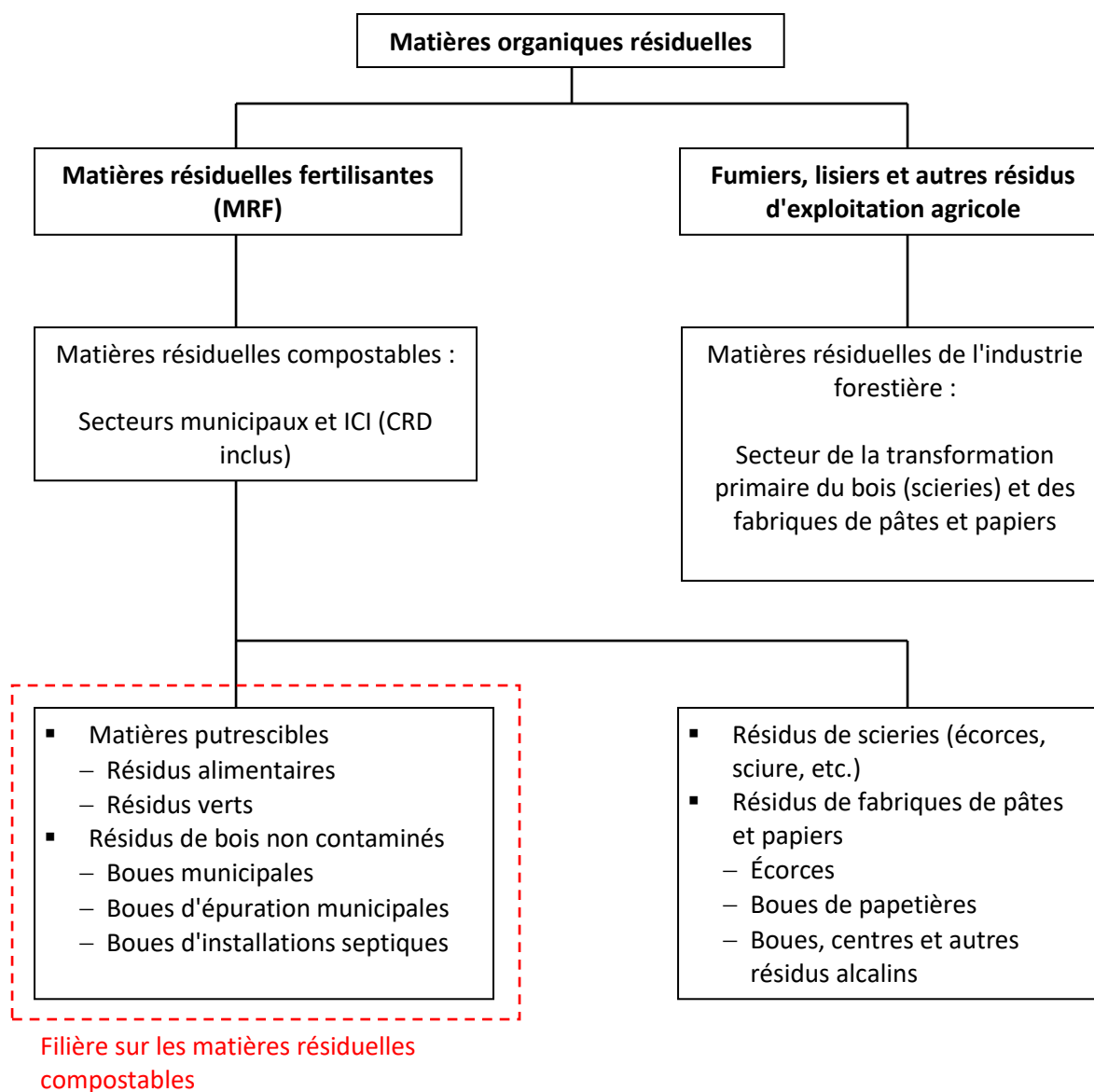
## **1.2 Les matières organiques résidentielles au Québec**

Les matières organiques, qu'elles soient d'origine animale ou végétale, ont toutes la particularité d'être décomposables par l'action des microorganismes, de façon plus ou moins rapide en fonction de leur source. Globalement, les matières organiques résiduelles peuvent être catégorisées de la façon suivante : résidus de table (ou alimentaire), résidus verts, résidus de bois, boues de différents types, résidus agricoles et résidus agroalimentaires (Olivier, 2016). Ces six catégories sont toutes intégrées dans le schéma présenté à la figure 1.1, où elles sont réparties selon les divisions réglementaires, dont la filière sur les matières résiduelles compostables.

Cette filière a été mise sur pied en 2003 par RECYC-QUÉBEC afin de répondre à un besoin apparent de concertation entre les différents intervenants du milieu (Forcier et Laquerre, 2004). Elle inclut dans ses axes d'intervention les matières putrescibles, les résidus de bois non contaminés ainsi que les boues

municipales, qui proviennent essentiellement du secteur municipal et de celui des industries, commerces et institutions (ICI). La filière exclut donc les matières résiduelles issues de l'industrie forestière et du secteur agricole (figure 1.1).

Le présent essai se concentre sur la gestion des MO putrescibles issues du secteur résidentiel, soit les résidus alimentaires et résidus verts des ménages québécois. À ce titre, le terme MO sera désormais employé pour désigner cette catégorie précise.



**Figure 1.1 Répartition des matières organiques résiduelles en secteurs selon les divisions réglementaires**  
(tiré et adapté de : Forcier et Laquerre, 2004)



En 2010, les ménages québécois ont produit environ 3 160 000 tonnes de MR (Éco Entreprises Québec [ÉEQ], 2015). De cette quantité, la majorité des MR résidentielles est constituée de MO dans une proportion variant, selon les sources, de 47 à 57 % (ÉEQ, 2015 ; Olivier, 2016 et Institut de la statistique du Québec [ISQ], 2016). Le secteur résidentiel contribue à hauteur de 27 % du volume de l'ensemble des matières organiques générées annuellement au Québec. Environ 1 546 000 tonnes humides de matière sont générées pour ce secteur (RECYC-QUÉBEC, 2014). Cela représente un total de 187 kg de MO par personne et par année pour la période de 2012-2013 (ÉEQ, 2015).

La composition moyenne des MO résidentielles est de 75 % de résidus verts (gazon, feuilles et autres résidus de jardin), 16 % de résidus alimentaires, 5 % d'autres matières organiques et 4 % de rejets (RECYC-QUÉBEC, 2014).

### 1.3 La problématique de gestion de la MO résidentielle

Une exposition de la problématique de gestion de la MO dans le contexte québécois est ici explicitée en tenant compte des objectifs de la 3<sup>e</sup> Politique et des facteurs sociaux, économiques, environnementaux et techniques applicables.

#### 1.3.1 État des lieux sur la gestion de la MO résidentielle

En ce qui touche la gestion des MO, la Politique et son Plan d'action 2011-2015 énoncent un objectif double, soit d'atteindre un taux de recyclage de 60 % de la MO en 2015, ainsi que le bannissement total de celle-ci des sites d'élimination en 2020 (Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs [MDDEP], 2011). Le tableau 1.1 qui suit sert de référence pour évaluer la performance de la filière des MO au Québec pour l'année 2012.

**Tableau 1.1 Génération et recyclage des MO résidentielles au Québec en 2012 en tonnes humides** (tiré et adapté de : RECYC-QUÉBEC, 2014)

	Recyclage			Élimination	Total génééré	Taux de recyclage en 2012
	Compostage	Épandage	Total recyclé	Total éliminé		
<b>Résidus verts et alimentaires</b>	227 000	17 000	244 000	1 302 000	1 546 000	16 %

En 2013, une enquête a démontré que 71 % des ménages québécois ne compostaient pas les résidus alimentaires. De ce nombre, 87 % n'avaient pas accès à un programme municipal de compostage. Pour les résidus verts, 41 % des ménages disaient ne pas les composter et 81 % d'entre eux n'avaient pas accès à un programme municipal de compostage (ISQ, 2016).

Concernant la collecte de la MO, les chiffres de 2010 et 2012 nous apprennent que près de 300 municipalités sur un total de 1 134 au Québec offrent un système de collecte avec bac brun. Une option de collecte des résidus verts est offerte à 70 % des ménages pendant la période estivale, mais seulement 10 % des ménages aurait accès à un système de collecte toute l'année (collecte à trois voies incluant résidus verts et alimentaires) (RECYC-QUÉBEC, 2012 et 2013).

D'après ces chiffres, il est possible de faire le constat que l'objectif de recyclage de 60 % des MO en 2015 n'a pas été atteint. De plus, il semble très peu envisageable, en l'état actuel des rendements, que le bannissement total de l'élimination soit concrétisé pour 2020 à moins de 3 ans de cette échéance.

### **1.3.2 Facteurs sociaux**

Comme dans bien d'autres domaines, le citoyen est l'élément clé à la base de la gestion de la MO, plus spécifiquement de l'efficacité de celle-ci. En effet, c'est l'action ou la non-action de celui-ci qui aura un impact significatif dans les démarches de gestion mises en place par les divers acteurs concernés. Le pouvoir de réduction à la source du citoyen affecte le volume de MO produit, mais aussi sa capacité d'effectuer un triage efficace des matières, lorsque cela est applicable (possibilité de collecte à trois voies) (RECYC-QUÉBEC, 2012 et 2013).

Afin de répondre à la problématique posée par la MO, l'enjeu des intervenants est donc ici d'assurer une bonne communication avec le citoyen pour permettre une bonne implantation des démarches et une solution pérenne à la problématique. La notion d'acceptabilité sociale entre alors en jeu. D'une part, le citoyen devra, dépendamment du mode de gestion privilégié, accepter une modification de ses habitudes de vie pour désormais reconnaître l'existence de la MO dans sa génération de MR et la trier, au même titre que les autres matières recyclables. D'autre part, le citoyen devra accepter la mise en place d'infrastructures de traitement de la MO (RECYC-QUÉBEC, 2012 et 2013). En réduisant le volume de matière éliminée par enfouissement, la durée de vie de ces sites d'élimination est prolongée et l'ouverture d'autres sites d'enfouissement est repoussée. C'est un problème d'acceptabilité sociale au même titre que pour l'ouverture d'une plateforme de compostage industriel par exemple.

### **1.3.3 Facteurs économiques**

Sur le plan économique, les défis de gestion de la MO sont grands. Toujours selon les chiffres avancés dans la section 1.3.1, seulement 10 % des ménages bénéficient actuellement d'une collecte des MO sur une base annuelle. L'instauration d'une collecte des MO engendre des coûts importants pour les villes et municipalités (déploiement des bacs pour la récupération, camionnage adapté, etc.). Les installations de traitement elles-mêmes nécessitent aussi des investissements importants (Robichaud, 2014 et Olivier, 2016).

Pour être viable à long terme, le chantier du traitement de la MO au Québec doit pouvoir générer des produits à valeur ajoutée afin d'éponger les frais d'exploitation et, ultimement, pouvoir dégager un certain profit. Mais, actuellement, des solutions comme le compostage ou la biométhanisation se révèlent peu rentables compte tenu des investissements à y mettre et de la commercialisation limitée du produit final (compost, digestat ou méthane) (Olivier, 2016). Ces produits doivent, à leur tour, trouver preneur sur les marchés économiques (Robichaud, 2014 et RECYC-QUÉBEC, 2012).

### **1.3.4 Facteurs environnementaux**

En instaurant un bannissement complet de la MO des sites d'élimination, le gouvernement démontre une volonté de diminuer les impacts environnementaux négatifs que cette matière engendre lors de son élimination, que ce soit par l'émission de GES, la mobilisation des métaux lourds ou la contamination des sources d'eau par exemple (voir section 1.1).

Néanmoins, une gestion de la MO en mode recyclage engendre différents bénéfices et problèmes environnementaux selon la méthode de traitement utilisée. Par exemple, il faut voir à la bonne gestion des différents lixiviats de compost, des gaz et des digestats produits pour chacune des méthodes envisagées.

Le poids des impacts environnementaux est aussi à prendre en compte lors de la collecte et du traitement de la MO dans des régions éloignées, où le transport vers des sites de traitement éloignés de la MO pourrait créer un bilan négatif du point de vue des bénéfices environnementaux (Robichaud, 2014).

Finalement, le climat québécois représente une contrainte environnementale non négligeable dans la problématique, puisque l'activité microbienne nécessaire aux activités de compostage ralentit ou arrête pendant les mois de gel.

### **1.3.5 Facteurs techniques**

Les contraintes techniques de la gestion de la MO sont nombreuses. D'une part, elles se manifestent dès l'étape de la collecte de celle-ci. Il est ici question de la possibilité d'atteindre, sur un vaste territoire, et de prendre en charge les gisements de MO ainsi que la gestion de ces flux. La capacité et la nature des contenants de réception (ex. : bac ou sac), mais aussi la fréquence de collecte, si elle est au porte-à-porte ou par apport volontaire, sont des contraintes techniques à considérer (RECYC-QUÉBEC, 2012 et 2013).

Suivant la collecte, les contraintes techniques du traitement de la MO imposent le choix d'une technologie de gestion appropriée pour traiter la MO en temps et en volumes, c'est-à-dire que les installations de traitement doivent supporter un apport constant en MO puisque l'entreposage de celle-ci est impossible pour des raisons sanitaires et d'instabilité de la matière en elle-même (RECYC-QUÉBEC, 2012 et 2013).

## **2. LA MATIÈRE ORGANIQUE AU QUÉBEC**

Tel que mentionné dans le chapitre 1, les défis de gestions de la MO sont grands et beaucoup de chemin reste à faire en vue d’atteindre les objectifs de la Politique. Le présent chapitre s’attarde donc à dresser un portrait de la gestion actuelle et envisagée de la MO au Québec.

### **2.1 La gestion de la MO au Québec**

Cette section présente le cadre législatif et normatif entourant la MO au Québec. Les programmes de gestion, outils financiers et principaux intervenants de la filière sont aussi exposés.

#### **2.1.1 Législation concernant la MO**

La section VII de la LQE dicte la plupart des dispositions relatives à la GMR. La loi oblige notamment la production d’un PGMR par les municipalités. Aussi, un droit de regard est accordé aux municipalités, c’est-à-dire « le droit [des municipalités] de limiter ou d’interdire la mise en décharge ou l’incinération sur leur territoire de matières résiduelles provenant de l’extérieur de leur territoire » (MDDEP, 2012a). Ce contrôle sur les modes d’élimination est ici très important, puisqu’il affecte les résultats et rendements des méthodes de traitements de la MO.

Le compostage de la matière organique est encadré par la Politique québécoise de gestion des matières résiduelles (3<sup>e</sup> version sur la période 2011-2015) et son Plan d’action québécois sur la gestion des matières résiduelles qui énoncent les objectifs de la filière des MO. La stratégie 4 de ce plan, qui traite spécifiquement du bannissement de la matière organique des lieux d’élimination, prévoit une série d’actions concrètes dont l’investissement de 650 millions de dollars pour la réalisation de projets de valorisation (MDDEP, 2011). L’organisation gouvernementale responsable dans ce domaine est RECYC-QUÉBEC.

La Politique se devant de respecter les dispositions de la LQE, il est prévu que la gestion actuelle et future de la filière des MO se doit de respecter le principe suivant :

« tout programme élaboré par le ministre dans le domaine de la gestion des matières résiduelles doit prioriser la réduction à la source et respecter, dans le traitement de ces matières, l’ordre de priorité suivant : le réemploi, le recyclage, y compris par traitement biologique ou épandage sur le sol, toute autre opération de valorisation par laquelle des matières résiduelles sont traitées pour être utilisées comme substitut à des matières premières, la valorisation énergétique et l’élimination » (MDDEP, 2012a).

### 2.1.2 Normes concernant la MO

La norme nationale sur les composts CAN/BNQ 0413-200, établie en 1995 par le Bureau de normalisation du Québec (BNQ) et révisée en 2014 par l’Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA) (RECYC-QUÉBEC, 2015), permet la catégorisation des composts en fonction de leurs composantes (Hébert, 2012). Cette classification possède trois échelons (tableau 2.1), soit les composts AA et A qui constituent des composts de bonne qualité (aucune restriction d’utilisation), alors que les composts de type B sont ceux présentant les exigences minimales d’utilisation en plus d’être soumis à des restrictions fédérales et provinciales (Olivier, 2016). Les autres composts sont donc actuellement voués à l’élimination, ce qui ne sera en théorie plus possible à partir de 2020. Donc, il apparaît que les critères de qualité des composts de type B seront un strict minimum à atteindre dans l’industrie du compostage. Compte tenu des restrictions associées à l’utilisation des composts B, l’amélioration des techniques et des procédés de compostage sera nécessaire.

**Tableau 2.1 Paramètres limites de classification des composts selon la norme BNQ** (tiré et modifié : de Olivier, 2016)

Paramètre		AA	A	B
Matière organique (%)		≥ 50	≥ 40	≥ 30
Eau (%)		≤ 60	≤ 60	≤ 60
Rapport C/N		≤ 25	≤ 25	≤ 25
DBO (mg/kg solides volatils)		≤ 150	≤ 150	≤ 150
Germination (%)		> 90	> 90	> 90
Corps étrangers (% matière sèche)		0,01	≤ 0,5	≤ 1,5
Taille corps étrangers (mm)		≤ 12,5	≤ 12,5	≤ 25
Corps étrangers tranchants		absence	absence	absence
Coliformes fécaux		< 1 000/g solides totaux		
Salmonelles		< 3/g solides totaux		
Éléments en traces (mg/kg/matière sèche)	As	13	13	75
	Cd	3	3	20
	Co	34	34	150
	Cr	210	210	1060
	Cu	100	100	757
	Hg	0,8	0,8	5
	Mo	5	5	20
	Ni	62	62	180
	Pb	150	150	500
	Se	2	2	14
	Zn	500	500	1850

Le tableau 2.2 expose une série de modifications pour la norme CAN/BNQ 0413-200 qui sont envisagées par le BNQ. Bien que celles-ci ne soient pas en vigueur, elles offrent des pistes de réflexion intéressantes qui seront considérées dans les sections analyse et recommandation.

**Tableau 2.2 Modifications envisagées à la norme sur les composts CAN/BNQ 0413-200** (tiré et modifié de : Hébert, 2012)

	<b>Modifications</b>	<b>Justifications</b>
<b>Types de compost</b>	Éliminer le type AA	La norme n'est pas assez détaillée au plan agronomique pour établir des distinctions entre AA et A
	Revoir la nomenclature des 2 types. Ex. : remplacer les désignations A et B par A1 et A2	La nomenclature type B est contre-productive au plan des communications et de la mise en marché
<b>Organismes indicateurs d'agents pathogènes</b>	Ne conserver que les salmonelles	C'est l'approche retenue dans la norme CAN/BNQ sur les biosolides municipaux
<b>Corps étrangers</b>	Ajuster les critères de type A aux teneurs réelles des composts faits de résidus triés à la source	Approche des meilleures technologies disponibles. Cela nécessiterait une étude de caractérisation
	Abroger les teneurs limites en poids	Non directement liées avec l'esthétique et l'acceptabilité
<b>Matières organiques</b>	Retenir un seuil minimum de 30 % pour tous les composts	Un compost très mature contient généralement moins de matière organique, mais sa matière organique est plus stable
<b>Éléments traces inorganiques</b>	Compost de type B : réduire légèrement les teneurs limites en Pb et Hg	Harmonisation avec la norme CAN/BNQ sur les biosolides municipaux
<b>Méthodes d'analyse</b>	Permettre pour les ÉTI des méthodes équivalentes par les laboratoires accrédités	Harmonisation avec l'approche utilisée au Québec – laboratoires accrédités par le MDDELCC
<b>Marquage</b>	Mise en garde concernant les spores des champignons – usage en sac	Prévenir les personnes asthmatiques et autres personnes sensibles des risques d'inhalation
	Reconnaissance du contenu recyclé	En lien avec la certification de RECYC-QUÉBEC

### 2.1.3 Programmes de gestion et de financement de la MO

Le Programme de traitement de matières organiques par biométhanisation et compostage (PTMOBC) vise le versement d'une aide financière aux municipalités et autres demandeurs privés pour la mise en place d'infrastructures de valorisation de la matière organique. Son financement provient du Fonds verts, surtout des redevances pour l'élimination des MR, ainsi que du Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques (MDDELCC, 2017b).

Pour les demandeurs municipaux et privés souhaitant mettre en place des installations et des procédés de compostage ou de biométhanisation de la matière organique, le PTMOBC prévoit une aide financière sous la forme de subventions, telles que détaillées dans le tableau 2.1 (Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs [MDDEFP], 2012). À ce jour, un total de 12 projets bénéficient de ce programme et « le gouvernement du Québec a aussi annoncé son intention d'aider financièrement à la réalisation de 3 projets, soit ceux de la Ville de Montréal, de la Ville de Laval et de la Ville de Longueuil » (MDDELCC, 2017c).

**Tableau 2.3 Dépenses admissibles et pourcentages de subvention du cadre normatif du programme PTMOBC** (inspiré de : MDDEFP, 2012)

	Dépenses admissibles maximales	Taux de subvention appliqué aux dépenses admissibles	
		Demandeur municipal	Demandeur privé
<b>Équipement de biométhanisation</b>	125 \$/tonne de boues à traiter par année + 800 \$/tonne des autres matières organiques à traiter par année	66,33 %	25 %
<b>Équipement de compostage fermé</b>	600 \$/tonne à traiter par année	50 %	20 %
<b>Équipement de compostage ouvert</b>	300 \$/tonne à traiter par année	50 %	20 %
<b>Bac résidentiel de collecte des matières putrescibles</b>	100 \$/bac	33,33 %	33,33 %

En complément du PTMOBC, RECYC-QUÉBEC a aussi mis en place le programme Aide aux composteurs domestiques et communautaires (ACDC). Il a pour objectif de soutenir les municipalités dans leurs démarches de valorisation de la matière organique générée sur leurs territoires en les retirant de



l'élimination. Ce programme prévoit le versement de subventions aux municipalités pour l'implantation de solutions de compostages de la matière organique selon trois volets (domestique, communautaire pour végétaux et communautaire thermophile). Le montant total de ces subventions est de 50 000 \$ maximum par municipalité (MDDEFP, 2014).

Aussi, les municipalités peuvent se prévaloir d'une aide financière, sous la forme de subventions, par le biais du Fonds municipal vert (FMV) pour ce qui touche la valorisation des matières résiduelles. (Fédération canadienne des municipalités [FCM], 2017).

Le gouvernement a produit une série de deux documents concernant les lignes directrices pour les activités de gestion de la MO. Ces documents sont les Lignes directrices pour l'encadrement des activités de compostage (MDDEP, 2012a) et les Lignes directrices pour l'encadrement des activités de biométhanisation (MDDEP, 2011b). Ces documents ont pour objectif d'aider et orienter les intervenants dans leurs démarches de gestion de la MO, notamment à ce qui a trait à :

- « Les exigences pour les lieux de compostage, nouveaux et existants
- Les exigences d'installation et d'exploitation
- Les autorisations et permis à se procurer
- Les types d'équipements requis » (RECYC-QUÉBEC, 2015)

Un autre outil financier disponible est l'utilisation des redevances à l'élimination comme moyen pour encourager le bannissement de la MO de ces sites. Découlant du Règlement sur les redevances exigibles pour l'élimination des matières résiduelles (RREÉMR), il s'agit d'un montant d'argent devant être versé au gouvernement lors de l'entrée de matière dans un site d'élimination. En 2017, la tarification est de 22,24 \$ par tonne métrique (redevances totales) (MDDELCC, 2017d). En bannissant la MO des sites d'élimination, le montant des redevances devant être versées par les utilisateurs des sites est réduit, tout en prolongeant la durée de vie de ceux-ci.

#### **2.1.4 Principaux intervenants**

RECYC-QUÉBEC finance des projets du chantier des matières organiques pour un montant de 4 millions de dollars. En fait partie la Table de concertation sur le recyclage des matières compostables (TCMO) qui met en relation divers intervenants du milieu (RECYC-QUÉBEC, 2013).

À cela s'ajoute l'Association québécoise des industriels du compostage (AQIC) qui regroupe les principaux fabricants de compost du Québec, et qui représente donc une opportunité de marchés et de flux d'échanges (Olivier, 2016).

Un autre intervenant important pour l'application du plan d'action et l'atteinte de ses objectifs est le secteur municipal en lui-même, qui assure un lien direct avec les citoyens et dont l'élaboration des Plans de gestion des matières résiduelles (PGMR) intègre la filière des matières organiques résiduelles (RECYC-QUÉBEC, 2015b).

#### **2.1.5 Particularités pour les milieux nordiques québécois**

Les milieux nordiques représentent une très grande proportion du territoire. Des défis spécifiques s'y appliquent concernant la GMR, particulièrement due au manque d'infrastructure, au climat, à la compétence fédérale sur les territoires autochtones et à l'isolement géographique (MDDELCC, 2014b).

« Par ailleurs, le dossier de la GMR en territoire nordique implique plusieurs services et directions au MDDELCC et chez RECYC-QUÉBEC, que ce soit au niveau de l'application de la réglementation spécifique à la GMR, les suivis et contrôles, les programmes de soutien, les relations avec les communautés autochtones, l'accompagnement et l'harmonisation des pratiques entre les directions régionales » (MDDELCC, 2014b).

La gestion des MR dans les territoires nordiques se fait par des lieux d'enfouissement en milieu nordique (LEMN) où un brûlage des matières est effectué une fois par semaine, en conformité avec le Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles (REIMR) (MDDELCC, 2017e). L'efficacité des LEMN est jugée moindre que celle des lieux d'enfouissement technique (LET) dans le sud de la province (MDDELCC, 2014b).

### **2.2 Approches de gestion et de collecte des MO**

Pour détourner la MO de la voie des sites d'élimination, il est acquis que cette matière doit faire l'objet d'une approche de gestion adéquate. Les types d'approches sont ici exposés avant de présenter différentes méthodes de collecte afin d'intercepter les flux de matière organique.

#### **2.2.1 Types d'approches possibles**

La gestion des MO peut se faire par le biais de multiples approches qui diffèrent par le niveau d'intervention de chacun des acteurs dans la chaîne de traitement (de la production de MO, à la collecte et au traitement final), ainsi que par le degré de réglementation mis en place pour encadrer cette gestion. Trois types d'approches sont ici identifiées : l'approche volontaire, incitative et obligatoire.

Une approche volontaire, pour la MO résidentielle, se base sur la volonté propre du citoyen à mettre en œuvre des efforts et des actions pour gérer ses propres MO. Pour être efficace, la mesure de traitement mise en place ne devrait pas engendrer des contraintes trop importantes pour le participant (bruit, odeur,

déplacement, etc.). Idéalement, l'approche serait bénéfique pour ce dernier, ce qui l'inciterait d'autant plus à participer à la démarche (Robichaud, 2014 et RECYC-QUÉBEC, 2015c).

Une approche incitative, quant à elle, « se base sur la mise en place de mesures encourageant ou décourageant certains comportements » (Robichaud, 2014). Actuellement, l'utilisation des redevances à l'élimination est une approche incitative du gouvernement afin de décourager l'élimination au profit du recyclage en rendant ce dernier plus compétitif sur le plan financier. L'octroi de subventions ou d'aide financières, comme dans le cas du programme ACDC pour les composteurs, est un autre type d'approche incitative (voir la section 2.1.3 pour plus de détails).

Finalement, une approche obligatoire en est une qui se veut contraignante pour le participant. La force de cette approche repose dans son encadrement législatif qui lui donne un très grand pouvoir restrictif (Robichaud, 2014). Il n'y a alors plus aucune latitude accordée à l'aspect volontaire des participants (imprévisible) ou au pouvoir économique des marchés (cout à l'élimination contre cout du recyclage), la seule option possible est de se conformer à la loi. La Politique s'est orientée vers une approche obligatoire en choisissant le bannissement de l'élimination comme mode de gestion de la MO en 2020.

Néanmoins, le choix de l'une ou l'autre des approches n'est pas exclusif. En effet, pour parvenir à la finalité du bannissement des MO, les approches volontaires et incitatives restent des options viables à considérer pour aider la transition dans les mentalités citoyennes (habitudes de vies) et favoriser l'atteinte des objectifs dans les temps visés.

### **2.2.2 Dépôt de récupération**

Un dépôt de récupération est une méthode de collecte très simplifiée de la MO. Il consiste en l'aménagement d'un espace centralisé, plus ou moins grand, servant à accueillir les MO pour une municipalité ou région donnée. Cet apport de MO se fait par la population sur une base volontaire. Dans sa forme, plusieurs structures sont possibles, allant d'un dépôt directement sur une base préparée ou d'un ensemble de structures (conteneurs, blocs de béton, murs, etc.) de confinement pour permettre la séparation des matières selon leur nature. De manière générale, ce type de site de récupération s'adresse surtout aux résidus verts pour des questions de contraintes d'odeurs (Environnement Canada, 2013 et RECYC-QUÉBEC, 2015c).

### **2.2.3 Site de collecte communautaire**

Cette solution de collecte s'apparente beaucoup au dépôt de récupération précédemment abordé, mais diffère au niveau de l'échelle d'application. Plutôt que de recueillir l'ensemble des MO d'une municipalité

ou région, un site de collecte communautaire est installé à une échelle de quartier et se présente souvent sous la forme de conteneurs où les citoyens peuvent disposer volontairement de leurs MO (résidus verts et alimentaires). Ces conteneurs sont ensuite pris en charge selon un calendrier de collecte établie (Environnement Canada, 2013 et RECYC-QUÉBEC, 2015c).

#### **2.2.4 Collecte porte-à-porte**

En opposition au dépôt de récupération et au site de collecte, la collecte porte-à-porte permet de recueillir la MO directement à la source de production (chez les citoyens). En retirant la contrainte de « participation volontaire » du citoyen à se déplacer vers un dépôt ou site de collecte, on augmente ainsi le taux de participation et de récupération de la MO, puisque la seule tâche demandée au citoyen est d'effectuer un triage à la maison.

Cependant, c'est la plus coûteuse des options de collecte, puisque la municipalité doit voir au paiement du transport de la matière ainsi que des employés. Ces coûts varient donc en fonction du territoire à couvrir, du volume de MO à traiter et de la fréquence de collecte. Cette méthode permet la collecte de résidus verts et alimentaires (Environnement Canada, 2013 et RECYC-QUÉBEC, 2015c).

#### **2.2.5 Synthèse et comparaison des méthodes de collecte**

Il sera ici question de faire un comparatif entre les trois méthodes de collecte de la MO précédemment explicitées. Pour ce faire, le tableau 2.2 dresse un portrait de ces méthodes en indiquant le type de MO acceptée, le taux de réacheminement typique, les avantages et les inconvénients. Le taux de réacheminement représente le :

« pourcentage de la totalité des matières disponibles réacheminées par l'intermédiaire du programme [de collecte]. Le taux de réacheminement peut être calculé de manière théorique à partir du taux de participation et du taux de récupération » (Environnement Canada, 2013).

Les chiffres présentés dans le tableau nous démontrent donc que la collecte au porte-à-porte reste de loin la méthode la plus efficace (50 à 75 % de réacheminement) pour retirer un maximum de MO de la production de MR, bien qu'elle soit aussi la plus coûteuse et complexe à mettre en pratique.

**Tableau 2.2 Synthèse des avantages et inconvénients des méthodes de collecte** (tiré et adapté de : Environnement Canada, 2013)

Méthodes de collecte de la MO	Matières acceptées	Taux de réacheminement	Avantages	Inconvénients
<b>Dépôt de récupération</b>	Résidus verts	10 à 25 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Solution la moins couteuse</li> <li>▪ Convient aux résidus verts de toutes tailles</li> <li>▪ Pas de camions de collecte spécialisée nécessaire</li> <li>▪ L'utilisation de conteneurs amovibles réduit les manipulations et augmente le degré de confinement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Faible taux de réacheminement en raison du faible taux de participation et de récupération</li> <li>▪ Ne convient pas aux résidus alimentaires (problèmes d'odeurs)</li> <li>▪ L'utilisation de conteneurs amovibles nécessite l'achat d'un camion spécialisé ou le recours à un service de transfert</li> <li>▪ Des structures de sécurité peuvent être nécessaires (escaliers, rampes, murs de soutènement, etc.)</li> </ul>
<b>Site de collecte communautaire</b>	Résidus verts et alimentaires	10 à 25 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sites localisés plus près des producteurs de déchets, ce qui les rend plus pratiques et permet d'accroître la participation</li> <li>▪ Possibilité de collecte des résidus alimentaires</li> <li>▪ Presque aucune préparation de site nécessaire</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Possibilité d'odeurs pouvant attirer les animaux</li> <li>▪ Possibilité de plaintes des résidents en raison des odeurs et de la circulation vers le site</li> <li>▪ Selon le type de conteneurs utilisé, l'achat de camion spécialisé ou le recours à un service de collecte peut être nécessaire.</li> </ul>
<b>Collecte porte-à-porte</b>	Résidus verts et alimentaires	50 à 75%	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Convient aux résidus verts et alimentaires</li> <li>▪ Taux de réacheminement et de participation supérieur</li> <li>▪ Possibilité de faire appel à des services de collecte afin d'éviter l'achat de camions de collecte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mal adapté à la collecte de gros résidus verts</li> <li>▪ Cout considérablement plus élevé que le cout lié à l'entretien et à l'exploitation d'un réseau de sites de récupération</li> <li>▪ L'utilisation de camions de collecte semi-automatisée ou automatisée peut être nécessaire afin d'éviter les blessures</li> </ul>

### **3. CONTEXTE TERRITORIAL QUÉBÉCOIS**

Cette section dresse un portrait du territoire québécois pour jeter les bases d'une typologie territoriale. L'association entre celle-ci et les modes de gestion de la MO sera exposée ultérieurement.

#### **3.1 Caractéristiques physiques**

Lorsqu'il s'agit d'opérationnaliser une mesure de gestion sur l'ensemble d'un territoire donné, il convient d'étudier et de comprendre les caractéristiques géographiques de celui-ci afin d'identifier les limitations à envisager. Dans le cadre de la gestion des MO, ces contraintes affectent spécialement la capacité de prise en charge des flux de MO, soit la collecte et le transport de la matière vers un centre de traitement quelconque, mais aussi la technologie de traitement applicable dû au climat. Notamment, plus la région est nordique plus les longues périodes de gel restreignent certaines activités de compostage.

Le territoire québécois couvre une superficie totale, en terre ferme, d'un peu plus de 1,3 million de km<sup>2</sup> (ISQ, 2017). Une grande partie de ce territoire, près de 90 %, est caractérisée par le relief accidenté du Bouclier canadien dans sa portion Nord. Un autre relief accidenté, les Appalaches, est aussi présent sur la frontière au Sud et à l'Est de la province (Bas-Saint-Laurent, Gaspésie). D'un point de vue géographique, le Nord et l'Est du Québec (Côte-Nord, Gaspésie) sont plus isolés du reste de la province par la présence de ces reliefs (Gouvernement du Québec, 2017).

Sur le plan climatique, le Québec est divisé en quatre zones distinctes. Au sud, se trouve un climat continental humide (au sud du 50<sup>e</sup> parallèle), un climat atlantique dans l'est et une succession de climat subarctique (entre le 50<sup>e</sup> et 58<sup>e</sup> parallèle) et arctique (58<sup>e</sup> et plus) en remontant vers le l'extrême Nord québécois (Gouvernement du Québec, 2017). Des hivers plus longs et accompagnés de températures moyennes plus froides sont caractéristiques des zones climatiques subarctiques et arctiques, ce qui représente une contrainte aux technologies de gestion applicable à la MO.

#### **3.2 Caractéristiques humaines**

D'après les données de 2016, la population totale du Québec est d'un peu plus de 8,326 millions d'habitants. Il existe une différenciation très importante dans la distribution de cette population sur l'ensemble de la province. Globalement, elle occupe surtout le Québec méridional, mais la ventilation des densités de population est mieux appréciée en considérant chacune des 17 régions administratives qui découpent le territoire (tableau 3.1).

**Tableau 3.1 Répartition de la population québécoise selon les régions administratives en 2016** (construit à partir de : ISQ 2017)

Région administrative	Population	Superficie en terre ferme (km <sup>2</sup> )	Densité (hab/km <sup>2</sup> )
01 – Bas-Saint-Laurent	199 983	22 185	9,0
02 – Saguenay-Lac-Saint-Jean	277 232	95 761	2,9
03 – Capitale-Nationale	737 857	19 643	39,6
04 – Mauricie	268 198	35 448	7,6
05 – Estrie	324 009	10 197	31,8
06 – Montréal	2 014 221	498	4 043,5
07 – Outaouais	389 139	30 471	12,8
08 – Abitibi-Témiscamingue	147 982	57 349	2,6
09 – Côte-Nord	92 541	236 664	0,4
10 – Nord-du-Québec	45 107	707 164	0,1
11 – Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine	91 781	20 272	4,5
12 – Chaudière-Appalaches	424 856	15 074	28,2
13 – Laval	429 413	246	1 774,6
14 – Lanaudière	502 152	12 308	40,8
15 – Laurentides	601 699	20 546	29,3
16 – Montérégie	1 536 121	11 112	138,2
17 – Centre-du-Québec	243 798	6 921	35,2
Ensemble du Québec	8 326 089	1 300 859	6,4

Ainsi, il existe une grande variation entre des zones très densément peuplées et peu peuplées, comme Montréal qui a une densité de 4 043,5 hab/km<sup>2</sup> et le Nord-du-Québec avec 0,1 hab/km<sup>2</sup>. Le tout donne une moyenne provinciale de 6,4 hab/km<sup>2</sup>. Le constat est donc le suivant : un vaste territoire peu peuplé, mais une population concentrée dans le sud (Basses-Terres-du-Saint-Laurent) et plus spécifiquement dans le grand Montréal avec environ 3,7 millions d’habitants, incluant les couronnes nord et sud. Sur cette même question de la répartition de la population, il faut savoir que :

« près de 80 % de la population du Québec est concentrée dans les régions des basses-terres du Saint-Laurent, autour de la péninsule de la Gaspésie, du Saguenay, du lac Saint-Jean et

de l'Abitibi. La moitié des [8,3] millions d'habitants occupe moins de 1 % du territoire dans les zones plus fortement urbanisées. » (Gouvernement du Québec, 2017)

Plus spécifiquement, cette population se répartit en 1 110 municipalités, villes, paroisses, villages, cantons et cantons unis. À ce nombre s'ajoutent 14 villages nordiques, totalisant ensemble 13 204 habitants, ainsi que certaines communautés ou territoires autochtones qui ne sont pas municipalisés, avec 59 155 habitants. Sur le palier de la gouvernance locale, la population québécoise se divise donc en plusieurs municipalités ou gouvernements régionaux selon la distribution présentée au tableau 3.2.

**Tableau 3.2 Portrait de la répartition de la population selon la taille des municipalités** (tableau non exhaustif de l'ensemble de la population du Québec) (tiré et adapté de : Ministère des Affaires municipales et de l'Organisation du territoire [MAMOT], 2016)

Municipalités locales et gouvernement régional	Quantité	Population	% de la population du Québec
De moins de 2 000 hab.	721	604 503	7,32
De 2 000 à 9 999 hab.	285	1 154 604	14,0
De 10 000 à 24 999 hab.	59	912 266	11,0
De 25 000 à 99 999 hab.	35	1 579 524	19,1
De 100 000 hab. et plus	10	3 940 386	47,7
Total	1 101	8 191 283	99,12

Deux constats peuvent être faits à partir de ces données. D'abord, le territoire provincial est couvert par une majorité de petites municipalités de moins de 2000 habitants (721 sur 1 101) ne comptant que pour un faible pourcentage de la population totale (7,32 %). Ensuite, une majorité de la population (47,7 %) se concentre dans quelques grands centres urbains (100 000 habitants ou plus).

Il est important de considérer ces informations dans le contexte territorial, puisque la gestion des MO, faisant partie intégrante de la GMR, est de compétence municipale. Il est possible que certaines municipalités se regroupent et délèguent cette compétence à un organisme supra municipal afin de concentrer les moyens logistiques, financiers et techniques. Un exemple d'un tel organisme est la Régie de gestion des matières résiduelles de la Mauricie (RGMRM) qui regroupe toutes les municipalités incluses dans les municipalités régionales de comté (MRC) des Chenaux et de Maskinongé, ainsi que les villes de Trois-Rivières et Shawinigan (RGMRM, 2017).



Dans le contexte de gestion de la MO, l'ensemble de ces caractéristiques humaines sont à considérer puisqu'elles permettent d'orienter le choix des modes de gestions et technologies de traitement. Ces choix doivent se faire en fonction des volumes d'intrants à traiter et de la disponibilité d'un débouché pour les extrants de la filière (ex. : compost, gaz de synthèse, etc.), c'est-à-dire d'un marché récepteur pour l'achat de ces produits. Ces marchés sont situés dans la portion sud de la province, où des bassins de population et la présence de zones agricoles peuvent être récepteur des différents produits de la MO, en tant qu'amendement de sol dans des matières résiduelles fertilisantes pour l'agriculture (MRF) ou des produits d'horticulture.

Ainsi, le choix de l'un ou l'autre des modes de gestion doit tenir compte d'un calcul coûts-avantages considérant ces facteurs humains, c'est-à-dire la rentabilité économique selon le bassin de population desservie et le bénéfice environnemental de la démarche. Sur ce dernier point, il s'agit ici de proposer une gestion de la MO qui n'entraîne pas plus de problèmes environnementaux que si celle-ci empruntait la voie traditionnelle des sites d'élimination, ce que la politique de bannissement veut éviter. Par exemple, imposer un transport par camion très long de la MO entre des résidences isolées peut, au final, amener un dégagement plus important de gaz à effet de serre que si cette même matière rejoignait un site d'enfouissement.

### **3.3 Proposition de typologie**

Au regard des données précédemment présentées, une compilation des informations permet ici de proposer une typologie territoriale qui servira de base pour associer différents modes de gestion de la MO avec le contexte territorial du Québec. Les quatre grandes catégories d'utilisation du territoire permettent la compilation présentée au tableau 3.3.

Le choix de diviser le territoire québécois en quatre catégories seulement s'impose compte tenu d'une certaine homogénéité observée entre les régions administratives dans le tableau 3.1. C'est-à-dire que, mis à part Montréal, Laval et la Montérégie, aucune autre région ne présente une densité de population supérieure à 100 hab./km<sup>2</sup>. La majorité des régions ont des densités inférieures à 10 hab./km<sup>2</sup>, ce qui est aussi le cas de l'ensemble du Québec (6,4 hab./km<sup>2</sup>).

Le constat est donc que la gestion des MO doit se faire sur un territoire différencié entre des noyaux de population plus dense, où il est plus simple et rentable de gérer la MO, et des territoires à faible densité de population, où les défis de gestions sont surtout d'ordres de volume de MO traité par rapport aux distances parcourues. Ainsi, il serait contre-productif de proposer une catégorisation trop fine du territoire.

La division en quatre catégories permet de répondre au constat ici fait. Les noyaux de population sont représentés par la catégorie « zone urbaine ». Les territoires de faible densité par la catégorie « zone rurale ». La catégorie « zone suburbaine » représente les zones tampons entre les zones urbaine et rurale, et qui partagent certaines caractéristiques de l’une et l’autre. La catégorie « collectivité nordique et région éloignée » permet de répondre aux spécificités des milieux nordiques québécois, tel qu’abordé à la section 2.1.5.

**Tableau 3.3 Proposition de typologie territoriale et définition**

<b>Catégorie</b>	<b>Définition</b>
<b>Zone urbaine</b>	S’adresse aux villes et grands centre urbains du Québec. Ensemble, ces zones regroupent la majorité de la population québécoise. Elles sont donc des sites importants de génération de MO en termes de volume par habitant. Ces zones peuvent devenir de bons marchés récepteurs pour l’achat de produits dérivés de la gestion de la MO (ex. : gaz de synthèse, compost d’horticulture).
<b>Zone suburbaine</b>	S’adresse aux zones périphériques des villes et centres urbains. Ce sont souvent des zones tampons entre le milieu rural et urbain. Les densités de population peuvent être variables, se situant entre la zone rurale et urbaine. Ces zones peuvent devenir de bons marchés récepteurs pour l’achat de produits dérivés de la gestion de la MO (ex. : gaz de synthèse, compost d’horticulture).
<b>Zone rurale</b>	S’adresse à la grande majorité des petites municipalités couvrant le territoire québécois. Ces zones se caractérisent notamment par une faible densité de population, souvent répartie sur de grandes distances dans des rangs en dehors de quelques noyaux villageois. La distance à couvrir pour la récupération de la MO peut être contraignante sur le plan environnemental. Ces zones peuvent devenir de bons marchés récepteurs pour l’achat de produits dérivés de la gestion de la MO (ex. : MRF).
<b>Collectivité nordique et région éloignée</b>	S’adresse notamment aux régions éloignées (exemple : le Nord-du-Québec ou la Côte-Nord). L’éloignement par rapport aux grandes zones de population et l’isolement géographique, comme le relief accidenté et le manque d’infrastructures de transport (routes) font en sorte qu’il est compliqué, coûteux et désavantageux, sur un plan environnemental, d’acheminer la MO produite dans ces zones vers des centres de traitement dans le Sud québécois. Le facteur climatique (températures froides) peut aussi représenter une contrainte de gestion. De plus, la faible densité de population de ces régions est un frein à la mise en place d’initiatives locales, considérant le calcul coûts-bénéfices (environnementaux et économiques) des technologies à mettre en place pour les faibles volumes à traiter.

#### **4. TECHNOLOGIES ET TECHNIQUES DE TRAITEMENT DE LA MATIÈRE ORGANIQUE**

Cette section de l'essai présente les technologies et techniques de traitement applicables à la gestion des MO résidentielles. Pour chaque cas, une brève présentation de la technologie ou technique est faite. Ensuite, en se basant sur une revue de littérature, une énumération des avantages et inconvénients applicables à chacune d'elles est présentée.

##### **4.1 Enfouissement dans un lieu d'enfouissement technique**

L'envoi de la MO dans un LET est le mode de gestion qui a longtemps été utilisé pour se débarrasser de ces matières, et celui qui prévaut toujours actuellement compte tenu des chiffres sur les performances de recyclage de la MO (seulement 16 % de recyclage selon les données de 2012). Au vu des dispositions et objectifs de la 3<sup>e</sup> politique de GMR ainsi que des objectifs de cet essai, ce mode de gestion par élimination sera exclu dans l'analyse.

##### **4.2 Compostage domestique ou communautaire**

Le compostage est un processus biologique aérobie où l'action des microorganismes permet la décomposition accélérée de la MO. L'opération a pour résultat de produire une matière biologiquement stable, du compost, pouvant servir d'amendement pour améliorer la qualité des sols. Les facteurs limitants à la formation d'un bon compost sont « le rapport carbone-azote [C/N] des intrants et les conditions d'aération, d'humidité, de température et d'acidité » (Olivier, 2016).

Le mode de gestion par compostage domestique consiste à ce que chaque résidence ou quartier, si le compostage se fait de manière communautaire, dispose d'une compostière de taille adaptée à ses besoins afin de pouvoir y disposer des MO (résidus verts et alimentaires) produites sur place. Au Québec, une compostière de taille standard transforme une quantité de MO variant entre 100 à 170 kg/an (Olivier, 2016), compte tenu des restrictions climatiques.

###### **4.2.1 Avantages**

Les avantages du procédé de traitement de la MO par compostage domestique ou communautaire sont les suivants (compilation basée sur Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie [AQME], 2017a; AQME, s. d.a; Communauté métropolitaine de Montréal [CMM], 2007; Côté, 2014; Olivier, 2016; Pilette, 2000 et RECYC-QUÉBEC, 2017a) :

- Résidus verts et alimentaires acceptés (sous certaines réserves explicitées dans la section 4.2.2);
- Traitement sur place au fur et à mesure de la production de MO;
- Transport évité pour la collecte et le traitement de la MO (GES évités);

- Peu de contaminants physiques dans le compost (si un bon triage par l'utilisateur lors de la disposition de la MO);
- Possibilité d'adapter le volume traité en installant plus de compostières ou de plus grandes dimensions;
- Produit final (compost) utilisable par le propriétaire (aménagement paysager, jardin, amendement de sol, etc.);
- Municipalités non responsables de la gestion, ce qui n'impute pas une pression supplémentaire annuelle sur les budgets municipaux;
- Réduction ou élimination des frais d'enfouissement;
- Réduction des émissions de GES par émission de CO<sub>2</sub> plutôt que l'enfouissement qui émet du CH<sub>4</sub>;
- Cout de revient nul pour la municipalité (ou pratiquement nul, autre que le possible financement des compostières pour les citoyens et la gestion d'un site communautaire).

#### **4.2.2 Inconvénients**

Les inconvénients du procédé de traitement de la MO par compostage domestique pou communautaire sont les suivants (compilation basée sur AQME, 2017a; AQME, s. d.a; CMM, 2007; Côté, 2014; Olivier, 2016; Pilette, 2000 et RECYC-QUÉBEC, 2017a) :

- Qualité du compost produit très variable, dépendant du rapport C/N;
- Possibilité de dégagement d'odeur si les facteurs limitants ne sont pas bien contrôlés;
- Possibilité de putréfaction de la matière si une mauvaise gestion de la compostière est faite;
- Arrêt de l'activité des microorganismes en période de gel;
- Difficulté d'implantation en milieu urbain/densément peuplé (manque d'espace, problème de voisinage avec les odeurs et la vermine si un mauvais entretien est fait);
- Certaines matières sont incompatibles avec le compostage domestique, tel que les huiles, graisses animales, produits laitiers, les cendres et les matériaux contaminés par des pesticides.

#### **4.3 Compostage industriel**

Le compostage industriel se base sur le même processus biologique que le compostage domestique, mais appliqué à plus grande échelle. Plusieurs configurations de sites de compostage industriel sont possibles. D'une part, un compostage industriel dans un centre de compostage intérieur (dans un bâtiment technique) est possible selon les méthodes de compostage par andains, piles statiques aérées ou en système clos. D'autre part, il peut aussi se faire en centre extérieur par compostage en andain. De 40 à 60 % de la matière devient, au terme des opérations, un produit valorisable sous forme de compost. Le reste

de la fraction de biomasse est transformé sous forme de gaz et d'humidité (AQME, 2017a; AQME, s. d.b et s. d.c; Olivier, 2016;). Le tableau 4.1 présente une synthèse et une comparaison des différentes méthodes de compostage industriel. Le compostage en andains se décline normalement en trois catégories : niveau minimal, bas niveau et niveau intermédiaire. Pour simplifier l'analyse, elles ont été regroupées en une seule catégorie « andains ».

**Tableau 4.1 Comparaison des différentes technologies de compostage** (tiré et modifié de : Olivier, 2016)

Paramètres	Andains	Piles statiques	Couloirs aérés	Bioréacteur	Lombricompostage
<b>Complexité</b>	Très simple à simple	Modérée	Complexe	Très complexe	Très complexe
<b>Période d'opération</b>	Saison	Saison	Saison	À l'année	À l'année
<b>Rapidité</b>	Entre 6 mois à 3 ans (selon le niveau choisi)	6 à 8 mois	8 à 12 mois	3 à 6 mois	2 mois
<b>Investissement</b>	Très faible à faible	Modéré	Modéré	Élevé	Élevé
<b>Secteur visé par le traitement</b>	Résidentiel Agricole Municipal Industriel	Municipal Agricole	Municipal Agricole	Municipal Industriel	Municipal Industriel
<b>Matériaux</b>	Pâtes et papiers Herbes Feuilles Fumiers Lisiers Fruits e légumes	Boues d'épuration Boues septiques	Boues d'épuration Boues septiques	Boues d'épuration Résidus ménagers	Résidus ménagers Résidus agricoles

#### 4.3.1 Avantages

Les avantages du procédé de traitement de la MO par compostage industriel sont les suivants (compilation basée sur AQME, 2017a; AQME, s. d.b et s. d.c; CMM, 2007; Côté, 2014; Olivier, 2016 et Pilette, 2000) :

- Possibilité de gérer une plus grande quantité de résidus que le compostage domestique;
- Résidus verts et alimentaires acceptés;
- S'adapte bien à la fluctuation potentielle des volumes de MO;
- Différentes techniques possibles (centre intérieur ou extérieur), ce qui rend le mode de gestion plus flexible pour répondre à certains besoins spécifiques ou priorités de la population (ex. : avoir le moins d'odeur possible);

- Moins demandant pour le citoyen, car le compostage n'est pas fait à la maison. Le citoyen ne voit pas la MO s'accumuler chez lui et n'a pas d'opérations supplémentaires à faire (ex. : bonne gestion de la compostière domestique);
- Meilleur rendement que le compostage domestique;
- Technologie simple et éprouvée;
- Bonne acceptabilité sociale de la technologie due à son long historique (et si un bon contrôle des odeurs, des vermines et des eaux de lixiviation est fait);
- La qualité du compost peut être améliorée avec des opérations de prétraitement (ex. : triage) et de post-traitement (ex. : criblage);
- Mode de gestion peu coûteux, comparé à d'autres technologies;
- Réduction des émissions de GES par rapport à l'enfouissement;
- Réduction ou élimination des frais d'enfouissement;
- Programme de subvention disponible (PTMOBC).

#### **4.3.2 Inconvénients**

Les inconvénients du procédé de traitement de la MO par compostage industriel sont les suivants (compilation basée sur AQME, 2017a; AQME, s. d.b et s. d.c; CMM, 2007; Côté, 2014; Olivier, 2016 et Pilette, 2000) :

- Besoin de grands espaces pour l'implantation d'un centre de traitement et les opérations;
- Arrêt ou ralentissement de l'activité des microorganismes en période de gel (centre extérieur);
- Nécessite l'implantation d'une collecte sélective de la 3<sup>e</sup> voie;
- Nécessite une activité de camionnage pour assurer le transport de la MO (collecte de la MO et envoi du compost sur le marché), ainsi que l'activité de la machinerie lourde sur le site;
- Un bon triage à la source par le citoyen est préférable pour diminuer les coûts de prétraitement et post-traitement lié à la contamination potentielle du compost;
- Pour être distribué sans restriction, le compost produit doit être de qualité AA ou A selon les normes du BNQ;
- Coût de revient du traitement entre 60 et 90 \$ par tonne de MO détournée de l'enfouissement pour un centre intérieur et entre 45 et 65 \$ pour un centre extérieur.

#### **4.4 Biométhanisation**

La biométhanisation est un procédé de digestion anaérobie se déroulant en milieu clos. Il repose sur la dégradation de la MO par des microorganismes en absence d'oxygène dans un digesteur (ou bioréacteur).

Des étapes d'hydrolyse, acidogenèse, d'acétogenèse et de méthanogenèse sont nécessaires afin de produire un biogaz exploitable. Le gaz généré est composé de méthane (environ 60 %) et de dioxyde de carbone (environ 40 %). En plus du biogaz, le digestat, un produit secondaire, est généré à partir de biomasse et de matières non digérées. Les propriétés de celui-ci sont similaires au compost (AQME, 2017b; Centre de recherche industrielle du Québec [CRIQ], 2017; Olivier, 2016; Ville de Saint-Hyacinthe, 2017).

En termes de valorisation de produit, le biogaz est utilisé comme source d'énergie pour la production de chaleur, d'électricité, de biocarburant ou même est acheminé dans le réseau gazier existant après enrichissement. Le digestat, de par sa nature assimilable au compost, peut servir en tant qu'amendement au sol (AQME, 2017b; Olivier, 2016).

La siccité des matières digérées a un impact sur les opérations. La biométhanisation peut ainsi se décliner en deux catégories, dépendamment si les intrants sont riches en boues municipales ou non. Les deux approches sont équivalentes lorsque le contexte permet l'une et l'autre. Les projets actuellement en opération au Québec fonctionnent avec une siccité de 25 % (MDDELCC, 2017c). Néanmoins, il existe une large gamme de solutions technologiques pouvant traiter des matières ayant des siccités entre 10 et 50 % (Amarante, 2010). La mutualisation des intrants permet donc de modéliser la gestion par biométhanisation à la dimension territoriale, dans une certaine mesure, ce qui permet une meilleure prise en charge des MO résidentiels.

#### **4.4.1 Avantages**

Les avantages du procédé de traitement de la MO par biométhanisation sont les suivants (compilation basée sur AQME, 2017b; AQME, s. d.d; CMM, 2007; Olivier, 2016 et Perron, 2010) :

- Accepte la MO résidentielle;
- Le centre de traitement peut être situé près des sites de production de MO (des zones résidentielles donc);
- Permet création d'un produit à haute valeur ajoutée (biogaz);
- Le procédé est autosuffisant en énergie;
- Conduit en système fermé, donc bon contrôle des odeurs;
- Bonne acceptabilité sociale de la technologie due à son aspect innovateur par rapport au développement durable, à la création d'emplois spécialisés avec de bons revenus et au fait que le centre de traitement ne génère pas de nuisances directes à la population en dehors de l'activité de camionnage et la possible utilisation d'une torchère;
- Réduction des émissions de GES par rapport à l'enfouissement;

- Réduction ou élimination des frais d'enfouissement;
- Programme de subvention disponible (PTMOBC).

#### **4.4.2 Inconvénients**

Les inconvénients du procédé de traitement de la MO par biométhanisation sont les suivants (compilation basée sur AQME, 2017b; AQME, s. d.d; CMM, 2007; Olivier, 2016 et Perron, 2010) :

- Solution technologique plus couteuse que le compostage simple;
- Mauvaise compatibilité des résidus verts avec la technologie (faible potentiel méthanogène et dégradation lente);
- La technologie est surtout orientée pour le traitement des boues municipales, des matières présentant une faible siccité donc. Elle est plus contraignante lorsqu'utilisée avec des déchets solides;
- La MO doit être contrôlée en prétraitement afin de ne pas affecter le bon fonctionnement du digesteur;
- Nécessite un volume important et constant de MO pour bien fonctionner;
- Le marché du gaz (valeur au mètre cube) peut affecter la rentabilité du projet;
- Nécessite l'implantation d'une collecte sélective à 3 voies;
- Nécessite une activité de camionnage pour la collecte et l'apport de la MO vers le centre de traitement;
- Un bon triage à la source par le citoyen est préférable pour diminuer les couts de prétraitement et post-traitement lié à la contamination potentielle du compost;
- Pour être distribué sans restriction, le digestat produit doit être de qualité AA ou A selon les normes du BNQ. Il y aura toujours des restrictions sévères pour la distribution de digestat car il ne sera pas autorisé pour des activités « nobles »;
- Cout de revient du traitement entre 80 et 120 \$ par tonne de MO détournée de l'enfouissement

#### **4.5 Pyrolyse**

La pyrolyse est un procédé thermique de gestion de la MO se déroulant en milieu fermé presque anaérobie. Il s'agit de procéder à la décomposition de la biomasse organique dans un milieu où l'apport en air est limité très finement. Les procédés de pyrolyse se divisent en deux catégories, soit les procédés traditionnels et les modernes. Les procédés traditionnels décomposent la MO à des températures variant entre 300 et 400 °C, alors que les procédés modernes s'orientent vers une pyrolyse plus rapide à plus haute température entre 800 et 900 °C. Dans le premier cas, l'objectif visé est la production d'un



biocombustible solide (charbon). Dans le second cas, la production d'une huile pyrolytique et de gaz de synthèse est possible. Bien que traditionnellement appliquée à une biomasse de lignocellulose, la technologie est applicable à tous les résidus organiques (AQME, s. d.e; Olivier, 2016; Réseau Mixte Technologique Biomasse et Territoires [RMTBT], 2009).

#### **4.5.1 Avantages**

Les avantages du procédé de traitement de la MO par pyrolyse sont les suivants (compilation basée sur AQME, 2017c; AQME, s. d.e; CMM, 2007; Olivier, 2016 et Perron, 2010) :

- Prétraitement des MR moins extensif que pour la gazéification;
- Procédé plus flexible que la gazéification en ce qui a trait à l'hétérogénéité de forme et de composition des MR en intrant;
- Produit différents types de combustibles stockables sous diverses formes (solide, gazeuse) pour utilisation ultérieure ;
- Le tri des MR par les citoyens n'est pas nécessaire (si on ne désire pas instaurer de collecte de la 3<sup>e</sup> voie);
- Procédé applicable à tous les résidus organiques;
- Réduction des émissions de GES par rapport à l'enfouissement;
- Récupération de formes d'énergies valorisables représentant une source de revenus;
- Réduction ou élimination des frais d'enfouissement.

#### **4.5.2 Inconvénients**

Les inconvénients du procédé de traitement de la MO par pyrolyse sont les suivants (compilation basée sur AQME, 2017c; AQME, s. d.e; CMM, 2007; Olivier, 2016 et Perron, 2010) :

- Nécessite une activité de camionnage pour apporter la MO vers le centre de traitement;
- Production de gaz jugée non rentable et brûlée sur place pour entretenir ce procédé thermique;
- Problème de rentabilité en orientant le procédé vers la production d'un biocombustible solide;
- Pas de financement disponible de la part du gouvernement québécois pour implanter cette technologie aux MR résidentielles;
- Nécessité d'éviter toute entrée d'air dans le procédé (moins de 2 % d'oxygène requis);
- Entreposage de l'huile de pyrolyse difficile, dû à la nature instable de celle-ci;
- Technologie traditionnellement appliquée pour les déchets ligneux et agricole, mais peu éprouvée pour la gestion des MO résidentielles;

- Le procédé est souvent utilisé comme prétraitement pour obtenir un produit densifié en énergie. C'est une étape préalable pour le procédé de gazéification (voir la section 4.6);
- Acceptabilité sociale à démontrer;
- Cout de revient du traitement entre 80 et 130 \$ par tonne de MO détournée de l'enfouissement.

#### **4.6 Gazéification**

La gazéification est un autre type de procédé de traitement thermique de la MO à haute température, dans une échelle de 500 à 1000 °C selon la technologie utilisée. L'injection d'un agent de gazéification (ex. : O<sub>2</sub>) permet la conversion de matière solide carbonique en un gaz de synthèse (syngaz). Le processus se fait d'abord par la pyrolyse de la matière, ce qui produit du gaz et du liquide, avant que le tout ne soit gazéifié pour produire le syngaz. Celui-ci peut ensuite être utilisé pour alimenter un groupe électrogène pour produire de l'électricité et de la chaleur (AQME, 2017d; CMM, 2017; Olivier, 2016).

##### **4.6.1 Avantages**

Les avantages du procédé de traitement de la MO par gazéification sont les suivants (compilation basée sur AQME, 2017d; AQME, s. d.f; CMM, 2007; Olivier, 2016) :

- Valorisation énergétique possible sous forme de chaleur (vapeur et production électrique) ou de syngaz;
- Le syngaz est un combustible stockable, ce qui facilite son transport et son utilisation;
- Procédé autosuffisant sur le plan énergétique;
- Possibilité de ne pas mettre en place une collecte sélective de la 3<sup>e</sup> voie et de traiter la MO lorsqu'elle est mélangée aux autres MR;
- Si des matériaux inorganiques (ex. : métaux) sont présents dans la MO, ils peuvent être récupérés et triés en post-traitement (ex. : retirer des métaux);
- Réduction des frais d'enfouissement, puisqu'une partie du volume total est valorisé sous forme de syngaz, ce qui ne laisse que les résidus post-traitement à devoir éliminer;
- Réduction des émissions de GES par rapport à l'enfouissement.

##### **4.6.2 Inconvénients**

Les inconvénients du procédé de traitement de la MO par gazéification sont les suivants (compilation basée sur AQME, 2017d; AQME, s. d.f; CMM, 2007; Olivier, 2016) :

- Nécessite une activité de camionnage pour apporter la MO (ou la MR) vers le centre de traitement;

- Un contrôle étroit de la taille et de la composition de la matière en prétraitement doit être effectué pour que les opérations soient efficaces;
- La technologie est problématique lorsqu'elle est directement appliquée aux MR, dû au caractère hétérogène de celles-ci et la présence possible de polluants;
- Le syngaz produit directement des MR doit être traité de manière intensive pour être utilisable et d'en retirer les matières polluantes;
- Technologie peu connue et peu éprouvée en Amérique du Nord;
- Acceptabilité sociale à démontrer;
- La localisation du site de traitement est une contrainte lorsque le syngaz est vendu à des marchés spécifiques (proximité des utilisateurs);
- Pas de financement disponible de la part du gouvernement québécois pour implanter cette technologie aux MR résidentielles;
- Cout de revient du traitement entre 156 \$ (vente de syngaz) et 246 \$ (vente d'électricité) la tonne de MO détournée de l'enfouissement.

#### **4.7 Combustion avec cogénération**

La combustion avec système de cogénération est le dernier des modes de gestion thermique abordé. La combustion, étant à la base un mode d'élimination, n'est ici considérée que si elle est accompagnée d'une unité de récupération de chaleur pour en permettre la valorisation.

En soumettant la matière solide à une température élevée sur les grilles d'un incinérateur, la matière inflammable produit un gaz chaud qui brule et libère à son tour une chaleur intense récupérée et valorisée par un circuit secondaire. Cette chaleur est source de vapeur et d'électricité. Au bout des grilles, la portion non inflammable de la matière peut être récupérée et gérée adéquatement en post-traitement selon sa nature (AQME, 2017e; CMM, 2017; Olivier, 2016).

##### **4.7.1 Avantages**

Les avantages du procédé de traitement de la MO par combustion sont les suivants (compilation basée sur AQME, 2017e; AQME, s. d.g; CMM, 2007; Olivier, 2016) :

- Accepte la MO résidentielle et les résidus verts ainsi que la MR résidentielle dans son ensemble;
- Technologie simple et éprouvée;
- Procédé rapide et adaptatif en termes de volumes;
- Autosuffisance en énergie;

- Une MO ou des MR hétérogènes affectent peu le fonctionnement de l'incinérateur;
- Réduction des émissions de GES par rapport à l'enfouissement.
- Réduction des frais d'enfouissement.

#### **4.7.2 Inconvénients**

Les inconvénients du procédé de traitement de la MO par combustion sont les suivants (compilation basée sur AQME, 2017e; AQME, s. d.g; CMM, 2007; Olivier, 2016) :

- Les options de valorisation des résidus en post-traitement sont limitées;
- La valorisation maximale de l'énergie nécessite un marché de proximité;
- Les cendres volantes interceptées à la dépollution et les vapeurs de combustion contiennent des toxiques qui doivent être rigoureusement contrôlés, ce qui entraîne des frais supplémentaires en gestion de résidus dangereux;
- Des frais d'enfouissement dans un LET sont à prévoir pour l'élimination des cendres;
- Mauvaise acceptabilité sociale de la technologie due à une mauvaise image et une mauvaise perception de celle-ci par la population;
- Pas de financement disponible de la part du gouvernement québécois pour implanter cette technologie aux MR résidentielles;
- Cout de revient du traitement entre 80 et 140 \$ la tonne de MO détournée de l'enfouissement.

Le tableau 4.1 qui suit fait la synthèse des principaux éléments précédemment abordés pour chacune des technologies de gestion.

**Tableau 4.2 Synthèse des technologies applicables pour la mise en valeur des matières organiques résiduelles** (tiré et modifié de : Olivier, 2016)

Aspects	Procédés biologiques (pour les matières biodégradables)			Procédés thermiques (pour tous les résidus organiques)		
Technologie	Compostage domestique ou communautaire	Compostage industriel	Biométhanisation	Pyrolyse	Gazéification	Combustion avec cogénération
Milieu	Aérobic	Aérobic	Anaérobic	Anaérobic	Aérobic très limité	Aérobic en excès
Système	Ouvert ou contrôlé	Ouvert ou contrôlé	Fermé	Fermé	Fermé	Ouvert ou contrôlé
Gaz produit	CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O	CH <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub>	Gaz de chauffe	H <sub>2</sub> + CO (Syngaz)	CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> O
Liquide produit	Lixiviât de compost	Lixiviât de compost	Digestat	Huiles pyrolytiques	Aucun	Eaux d'éteignoir
Valeur ajoutée	Compost	Compost	CH <sub>4</sub>	Huiles pyrolytiques	H <sub>2</sub> + CO (Syngaz)	Récupération de chaleur
Principal avantage pour la mise en valeur	Amendement de sol	Amendement de sol	Combustible stockable Amendement de sol	Combustible stockable	Synthèse d'alcool (méthanol. Éthanol) ou d'hydrocarbures (CH <sub>4</sub> , éthane, butane), etc.	Production de vapeur
Inconvénient qui limite la mise en valeur	Qualité du compost Orienté vers un usage sur place par le propriétaire	Normes du BNQ selon le niveau de contaminants	Normes du BNQ selon le niveau de contaminants	Produit non raffiné	Traitement intensif du Syngaz pour le rendre utilisable s'il est produit à partir des MR	Utilisation de proximité en temps réel
Application technologique secondaire	Aucun	Aucun	Production d'électricité Biogaz pour des véhicules	Apport thermique	Biocarburant	Apport thermique Production d'électricité
Acceptabilité sociale de la technologie	Moyenne à bonne	Bonne	Bonne	À démontrer	À démontrer	Mauvaise
Cout de revient (par tonne de MO détournée de l'enfouissement)	Nul ou pratiquement nul (selon l'achat de compostière)	Centre extérieur : 45 à 65\$ Centre intérieur : 60 à 90 \$	80 à 120 \$	80 à 130 \$	156 à 246 \$	80 à 140 \$

## **5. ANALYSE DES RÉSULTATS**

Cette section expose une analyse des résultats. Dans un premier temps, la méthodologie utilisée est explicitée, et, dans un second temps, une compilation des données est produite sous la forme de grilles associant le contexte territorial québécois aux différents modes de gestion de la MO. Finalement, les résultats sont commentés et approfondis.

### **5.1 Méthodologie d'analyse**

L'objectif de l'essai est d'associer les modes de gestion de la MO résidentielle avec le contexte territorial québécois, tel que proposé dans la section 3. De par la nature qualitative des données et informations mises de l'avant dans les sections 3 et 4, l'analyse des résultats est faite au moyen de grilles d'analyse multicritères qualitatives. Ces grilles permettent de mettre en relation le découpage territorial du Québec, tel que proposé dans la suggestion de typologie, avec chacun des modes de gestion précédemment abordés.

L'outil d'analyse est conçu pour mettre en évidence les éléments limitants et les éléments qui incitent à l'application de chacun des modes de gestion par rapport au territoire visé. Ceux-ci se divisent en facteurs techniques, économiques, environnementaux et sociaux.

Tout d'abord, les facteurs techniques réfèrent au niveau de complexité pour mettre en place et opérer une technologie, ainsi qu'à la faisabilité technique pour y parvenir. Par exemple : les espaces physiques nécessaires à l'implantation d'un type de mode de gestion sont-ils disponibles? Plus la complexité est grande, plus elle représente un facteur limitant.

Par la suite, les facteurs économiques réfèrent aux investissements nécessaires à la mise en place et l'opération d'un mode de gestion. Ces facteurs incluent aussi la vente des produits à valeurs ajoutées générés par les modes de gestion (ex. : compost, syngaz). Des investissements importants sont limitants, alors que la vente d'un produit à valeur ajoutée est un incitatif aidant à la mise en œuvre d'un mode de gestion.

De plus, les facteurs environnementaux réfèrent aux gains environnementaux amenés par un mode de gestion. Par exemple, un mode est considéré comme bénéfique s'il permet de réduire les émissions globales de GES par rapport à l'élimination.

Finalement, les facteurs sociaux réfèrent à l'acceptabilité sociale d'un mode de gestion, c'est-à-dire de la perception de la population à l'égard des technologies et des opérations qu'il implique. Une acceptabilité sociale négative est considérée comme un facteur limitant à l'implantation d'un mode de gestion.

Les résultats sont présentés sous forme d'une première grille, qui associe chacun de ces facteurs avec les modes de gestion. Une mention « BON », « MOYEN » ou « FAIBLE » est attribuée à chaque facteur en considérant si le mode de gestion présente des éléments plutôt positifs, intermédiaires ou négatifs vis-à-vis de la définition des facteurs. Chacune de ces mentions est accompagnée d'éléments justificatifs ayant conduit à ce résultat. Un code couleur a aussi été mis en place afin de faciliter la compréhension de la grille au premier regard. La mention « BON » est en vert, « MOYEN » en jaune et « FAIBLE » en rouge.

En se basant sur cette première grille, une deuxième grille permet d'associer la typologie territoriale et les modes de gestion. Les mentions « PRÉCONISÉ », « RÉALISABLE » et « NON-PRÉCONISÉ » permettent d'indiquer si un mode de gestion est préconisé ou non, d'après le territoire visé. Un bref justificatif est associé à la mention. Encore une fois, un code couleur est utilisé pour aider le lecteur : « PRÉCONISÉ » est en vert, « RÉALISABLE » en jaune et « NON-PRÉCONISÉ » en rouge.

## **5.2 Compilation des données**

Deux grilles d'analyse sont exposées dans cette section. La première grille (tableau 5.1) fait une compilation des données et leur analyse d'après les facteurs techniques, économiques, environnementaux et sociaux. Ces facteurs sont mis en relation avec chacun de modes de gestion de la MO.

La deuxième grille (tableaux 5.2 et 5.3) met en relation la typologie territoriale suggérée dans l'essai avec les modes de gestion. La grille prend en compte les facteurs explicités dans le tableau 5.1 en mettant de l'avant les principaux éléments incitants ou limitants le choix d'un mode de gestion d'après le contexte territorial ciblé.

**Tableau 5.1 Grille d'évaluation de l'application des différents modes de gestion de la MO selon divers facteurs**

Facteurs	Compostage domestique	Compostage industriel	Biométhanisation	Pyrolyse	Gazéification	Combustion avec cogénération
<b>Techniques</b>	<b>FAIBLE :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Manque d'espace en ville pour la compostière et l'utilisation du compost</li> <li>Arrêt des microorganismes en période de gel</li> <li>Certaines MO sont incompatibles</li> </ul>	<b>BON :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Infrastructures adaptables aux besoins</li> <li>Grands volumes traités</li> </ul>	<b>MOYEN :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nécessite un BON contrôle de la MO en prétraitement</li> <li>Mauvaise compatibilité de la technologie avec toute la MO</li> <li>Nécessite un grand volume de MO constant</li> </ul>	<b>MOYEN :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Procédé applicable à toutes les MR, mais peu éprouvé pour la MO résidentielle</li> <li>Moins de prétraitement que la gazéification</li> <li>Peu de référence démontrant son utilisation seule et à grande échelle</li> </ul>	<b>MOYEN :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Demande un étroit contrôle de la matière en intrant</li> <li>Technologie peu éprouvée en Amérique du Nord</li> </ul>	<b>BON :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Utilisation de proximité</li> <li>Technologie simple et éprouvée historiquement</li> <li>Procédé rapide</li> </ul>
<b>Économiques</b>	<b>BON :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Peu de coûts impliqués pour la mise en place et l'opération</li> </ul>	<b>BON :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Solution moins coûteuse que les autres procédés industriels</li> </ul>	<b>MOYEN :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Création d'un produit à haute valeur ajoutée (biogaz)</li> <li>Investissements importants</li> <li>Rentabilité à long terme à démontrer</li> </ul>	<b>FAIBLE :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Technologie coûteuse</li> <li>Procédé jugé non rentable en orientant la technologie vers la production de gaz ou de biocombustible</li> </ul>	<b>MOYEN :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Technologie coûteuse</li> <li>Création d'un produit à forte valeur ajoutée (syngaz)</li> </ul>	<b>MOYEN :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Frais supplémentaires pour la gestion des résidus dangereux</li> <li>Solution la moins coûteuse des traitements thermiques</li> </ul>
<b>Environnementaux</b>	<b>BON :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Camionnage évité</li> </ul>	<b>MOYEN :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Activité de camionnage nécessaire pour la collecte de la MO</li> </ul>	<b>MOYEN :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Activité de camionnage nécessaire pour la collecte de la MO</li> </ul>	<b>MOYEN :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Activité de camionnage nécessaire pour l'apport de la MO/MR vers le centre de traitement</li> </ul>	<b>MOYEN :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Activité de camionnage nécessaire pour l'apport de la MO/MR vers le centre de traitement</li> </ul>	<b>FAIBLE :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Activité de camionnage nécessaire pour l'apport de la MO/MR vers le centre de traitement</li> <li>Options limitées de valorisation des résidus post-traitement</li> </ul>
<b>Sociaux</b>	<b>MOYEN :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nuisances possibles pour le voisinage</li> </ul>	<b>BON :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bonne acceptabilité sociale</li> </ul>	<b>BON :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bonne acceptabilité sociale</li> </ul>	<b>MOYEN :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Acceptabilité sociale à démontrer</li> <li>Pas de tri à la source nécessaire par le citoyen</li> </ul>	<b>MOYEN :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Acceptabilité sociale à démontrer</li> <li>Pas de tri à la source nécessaire par le citoyen</li> </ul>	<b>FAIBLE :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mauvaise réputation de la technologie</li> </ul>



**Tableau 5.2 Grille de mise en relation de la typologie territoriale du Québec et des modes de gestion de la MO (procédés microbiologiques)**

Mode de gestion		Zone urbaine	Zone suburbaine	Zone rurale	Régions éloignées et communautés isolées
<b>Compostage domestique</b>		<b>NON-PRÉCONISÉ</b> Manque d'espace pour la compostière et l'utilisation du compost. Nuisance et problème de voisinage possible si mauvais entretien du compost. Pas efficace en période de gel. Seulement certaines MO sont acceptées. Une personne génère en moyenne 187 kg de MO par année alors qu'une compostière standard ne peut gérer que de 100 à 170 kg de MO par année, ce qui impose l'emploi de plusieurs compostières par ménage ou d'une compostière surdimensionnée.	<b>RÉALISABLE</b> Généralement plus d'espace disponible qu'en zone urbaine. Pas efficace en période de gel. Seulement certaines MO sont acceptées. Une personne génère en moyenne 187 kg de MO par année alors qu'une compostière standard ne peut gérer que de 100 à 170 kg de MO par année, ce qui impose l'emploi de plusieurs compostières par ménage ou d'une compostière surdimensionnée.	<b>PRÉCONISÉ</b> Pas efficace en période de gel, mais les espaces sont suffisants pour la « mise en pause » des volumes à traiter. Seulement certaines MO sont acceptées. Une personne génère en moyenne 187 kg de MO par année alors qu'une compostière standard ne peut gérer que de 100 à 170 kg de MO par année, ce qui impose l'emploi de plusieurs compostières par ménage ou d'une compostière surdimensionnée.	<b>RÉALISABLE</b> Pas efficace en période de gel, mais les espaces sont suffisants pour la « mise en pause » des volumes à traiter. Seulement certaines MO sont acceptées. Utilisation très marginale du compost au vu des étés courts et du climat froid de ces régions. Une personne génère en moyenne 187 kg de MO par année alors qu'une compostière standard ne peut gérer que de 100 à 170 kg de MO par année, ce qui impose l'emploi de plusieurs compostières par ménage ou d'une compostière surdimensionnée.
<b>Compostage industriel</b>	<b>Andains</b>	<b>PRÉCONISÉ</b> Solution peu couteuse, simple et adaptable aux besoins de volume à traiter. Opération saisonnière et rapidité de traitement variable (6 mois à 3 ans) selon le niveau d'andain choisi.	<b>PRÉCONISÉ</b> Solution peu couteuse, simple et adaptable aux besoins de volume à traiter. Opération saisonnière et rapidité de traitement variable (6 mois à 3 ans) selon le niveau d'andain choisi.	<b>PRÉCONISÉ</b> Solution peu couteuse, simple et adaptable aux besoins de volume à traiter. Opération saisonnière et rapidité de traitement variable (6 mois à 3 ans) selon le niveau d'andain choisi.	<b>NON-PRÉCONISÉ</b> Pas de volumes de MO suffisants ni de débouchés intéressants pour le compost produit sur place. L'éloignement et l'isolement nécessiteraient trop d'activité de transport de la MO et du compost.
	<b>Piles statiques</b>	<b>NON-PRÉCONISÉ</b> Ce type de compostage s'adresse surtout à de la MO ayant une certaine homogénéité et est surtout appliqué pour le traitement des boues d'épuration et septiques. Pas très bien adapté pour les résidus ménagers.	<b>NON-PRÉCONISÉ</b> Ce type de compostage s'adresse surtout à de la MO ayant une certaine homogénéité et est surtout appliqué pour le traitement des boues d'épuration et septiques. Pas très bien adapté pour les résidus ménagers.	<b>NON-PRÉCONISÉ</b> Ce type de compostage s'adresse surtout à de la MO ayant une certaine homogénéité et est surtout appliqué pour le traitement des boues d'épurations et septiques. Pas très bien adapté pour les résidus ménagers.	<b>NON-PRÉCONISÉ</b> Ce type de compostage s'adresse surtout à de la MO ayant une certaine homogénéité et est surtout appliqué pour le traitement des boues d'épuration et septiques. Pas très bien adapté pour les résidus ménagers. Le facteur de l'isolement est aussi un facteur limitant.

**Tableau 5.2 Grille de mise en relation de la typologie territoriale du Québec et des modes de gestion de la MO (procédés microbiologiques) (suite)**

Mode de gestion		Zone urbaine	Zone suburbaine	Zone rurale	Régions éloignées et communautés isolées
Compostage industriel	Couloirs aérés	NON-PRÉCONISÉ Ce type de compostage s'adresse surtout au traitement des boues d'épuration et septiques. Pas très bien adapté pour les résidus ménagers.	NON-PRÉCONISÉ Ce type de compostage s'adresse surtout au traitement des boues d'épuration et septiques. Pas très bien adapté pour les résidus ménagers.	NON-PRÉCONISÉ Ce type de compostage s'adresse surtout au traitement des boues d'épuration et septiques. Pas très bien adapté pour les résidus ménagers.	NON-PRÉCONISÉ Ce type de compostage s'adresse surtout au traitement des boues d'épuration et septiques. Pas très bien adapté pour les résidus ménagers. Le facteur de l'isolement est aussi un facteur limitant.
	Bioréacteurs	NON-PRÉCONISÉ Solution très complexe et couteuse dont les investissements ne justifient pas le choix de ce mode de gestion par rapport à une biométhanisation ou un compostage en andains. Le traitement des gaz de fermentation est critique.	NON-PRÉCONISÉ Solution très complexe et couteuse dont les investissements ne justifient pas le choix de ce mode de gestion par rapport à une biométhanisation ou un compostage en andains. Le traitement des gaz de fermentation est critique.	NON-PRÉCONISÉ Solution très complexe et couteuse dont les investissements ne justifient pas le choix de ce mode de gestion par rapport à une biométhanisation ou un compostage en andains. Le traitement des gaz de fermentation est critique.	RÉALISABLE Solution qui s'adresse aux résidus ménagers. Technologie couteuse mais qui permet une prise en charge rapide de la MO (3 à 6 mois) et permettant d'être opérée à l'année. Le traitement des gaz de fermentation est critique. Les débouchés pour le compost produit sont limités (éloignement des marchés).
	Lombricompostage	RÉALISABLE Nécessite des opérations très complexes et des investissements élevés. Permet la prise en charge de la MO résidentielle ainsi qu'une opération à l'année. Le procédé est très rapide (2 mois).	RÉALISABLE Nécessite des opérations très complexes et des investissements élevés. Permet la prise en charge de la MO résidentielle ainsi qu'une opération à l'année. Le procédé est très rapide (2 mois).	RÉALISABLE Nécessite des opérations très complexes et des investissements élevés. Permet la prise en charge de la MO résidentielle ainsi qu'une opération à l'année. Le procédé est très rapide (2 mois).	NON-PRÉCONISÉ Nécessite des opérations très complexes et des investissements élevés. L'isolement et l'éloignement des marchés sont problématiques pour la vente ou l'utilisation du compost produit.
Biométhanisation		PRÉCONISÉ Volume de MO suffisant pour justifier les coûts d'implantation et d'opération. La possible présence d'industries génératrice de MO (ex. : agroalimentaire) est un incitatif supplémentaire. La gestion peut être complétée avec l'apport de MO municipale (boues d'épuration) et des ICI.	PRÉCONISÉ Volume de MO suffisant pour justifier les coûts d'implantation et d'opération. La présence d'industries génératrice de MO (ex. : agroalimentaire) est un incitatif supplémentaire. La gestion peut être complétée avec l'apport de MO municipale (boues d'épuration) et des ICI.	RÉALISABLE Pas de volumes de MO suffisants pour justifier l'utilisation de ce mode de gestion à moins de procéder à un grand regroupement des collectes et un partenariat avec un plus grand centre de population.	NON-PRÉCONISÉ Pas de volumes de MO suffisants pour justifier l'utilisation de ce mode de gestion.

**Tableau 5.3 Mise en relation de la typologie territoriale du Québec et des modes de gestion de la MO (procédés thermiques)**

	Zone urbaine	Zone suburbaine	Zone rurale	Régions éloignées et communautés isolées
<b>Pyrolyse</b>	NON-PRÉCONISÉ Solution trop couteuse et les facteurs techniques complexes ne justifie pas l'utilisation de ce mode de gestion. Son application à des MO/MR résidentiels est peu répandue et requiert plus d'étapes de prétraitement. Peu de références démontrant son utilisation à grande échelle.	NON-PRÉCONISÉ Solution trop couteuse et les facteurs techniques complexes ne justifie pas l'utilisation de ce mode de gestion. Son application à des MO/MR résidentiels est peu répandue et requiert plus d'étapes de prétraitement. Peu de références démontrant son utilisation à grande échelle.	NON-PRÉCONISÉ Solution trop couteuse et les facteurs techniques complexes ne justifie pas l'utilisation de ce mode de gestion. Son application à des MO/MR résidentiels est peu répandue et requiert plus d'étapes de prétraitement.	NON-PRÉCONISÉ Solution trop couteuse et les facteurs techniques complexes ne justifie pas l'utilisation de ce mode de gestion. Son application à des MO/MR résidentiels est peu répandue et requiert plus d'étapes de prétraitement.
<b>Gazéification</b>	NON-PRÉCONISÉ Solution trop couteuse et les facteurs techniques complexes ne justifie pas l'utilisation de ce mode de gestion. Technologie peu éprouvée en Amérique du Nord.	NON-PRÉCONISÉ Solution trop couteuse et les facteurs techniques complexes ne justifie pas l'utilisation de ce mode de gestion. Technologie peu éprouvée en Amérique du Nord.	NON-PRÉCONISÉ Solution trop couteuse et les facteurs techniques complexes ne justifie pas l'utilisation de ce mode de gestion. Technologie peu éprouvée en Amérique du Nord. Nécessite une certaine proximité de marché pour l'utilisation du syngaz.	NON-PRÉCONISÉ Solution trop couteuse et les facteurs techniques complexes ne justifie pas l'utilisation de ce mode de gestion. Technologie peu éprouvée en Amérique du Nord. Nécessite une certaine proximité de marché pour l'utilisation du syngaz.
<b>Combustion avec cogénération</b>	RÉALISABLE Solution envisageable pour sa grande flexibilité et sa capacité de traitement rapide des volumes importants générés dans ces régions. Cependant, il serait plus intéressant sur le plan environnemental d'opter pour un autre mode de gestion, comme le compostage industriel, pour éviter d'avoir à gérer les résidus toxiques du post-traitement.	RÉALISABLE Solution envisageable pour sa grande flexibilité et sa capacité de traitement rapide des volumes importants générés dans ces régions. Cependant, il serait plus intéressant sur le plan environnemental d'opter pour un autre mode de gestion, comme le compostage industriel, pour éviter d'avoir à gérer les résidus toxiques du post-traitement.	NON-PRÉCONISÉ Au vu de la mauvaise acceptabilité sociale de la technologie et des contraintes environnementales de son application sur un territoire peu densifié, il est souhaitable d'opter pour un autre mode de gestion de la MO.	PRÉCONISÉ Solution adaptée au traitement de faibles volumes ou de volumes variables de MO. Malgré la problématique de gestion des résidus post-traitement, cette technologie permet une utilisation de proximité tout en fournissant un apport énergétique aux populations lorsqu'elle est en opération.

### 5.3 Synthèse des résultats et commentaires

L'analyse permet de mettre de l'avant le constat qu'il n'existe pas de solution universelle au traitement des MO qui soit applicable à l'ensemble du territoire. Alors que des facteurs sont jugés trop limitants pour un contexte territorial visé, ils peuvent devenir acceptables et même positifs dans un autre contexte.

Du point de vue de la faisabilité technique pour la mise en place et l'opération d'un mode de gestion, l'analyse des résultats ainsi que les références (CMM, 2007; AQME, s. d.a et SOLINOV, 2014) aux projets et études existantes démontrent que plus une technologie est complexe (ex. : pyrolyse, gazéification, biométhanisation), plus elle engendrera des difficultés et des coûts reliés à son implantation et son opération à long terme.

D'autre part, la gestion de la MO doit s'inscrire dans la philosophie des 3RV. Cela signifie que le meilleur mode de gestion est celui qui permet la réduction à source. Ainsi, l'emploi de compostière domestique, lorsque possible, et l'application de l'herbicyclage pour laisser les rognures d'herbes sur place sont des mesures à favoriser. La réduction à la source permet une gestion sur place de la MO, ce qui évite les aspects négatifs des facteurs économiques et environnementaux d'une gestion hors site. Par exemple, en diminuant le volume global de MO produite à une résidence, il est possible d'envisager une diminution de la fréquence de collecte des MO ou MR (selon le type de collecte), ce qui diminue les coûts de collecte et l'émission de GES par l'activité de camionnage.

De par leur nature, la MO est vouée à une destruction de ses composantes, ce qui la rend non éligible au réemploi. Le recyclage de la MO est possible lorsqu'un produit dérivé de sa transformation est retourné à la terre, comme c'est le cas avec le compost ou le digestat de la biométhanisation. Finalement, la valorisation thermique par le gaz et la cogénération devrait arriver comme solution de dernier recours.

Le cadre de cet essai étant d'associer un mode de gestion optimal de la MO avec des spécificités territoriales données, il convient de dire que la hiérarchie des 3RV ne peut pas être respectée en tout temps et en tous lieux. Bien que la réduction à la source devrait toujours primer, par exemple en laissant des résidus verts sur place pour qu'ils soient biodégradés, cette méthode ne permet pas à elle seule de traiter tout le volume et tous les types de MO produites sur le territoire. Le recyclage, bien que souhaitable en tout temps, peut s'avérer être une solution non rentable lorsqu'il s'agit de l'appliquer aux régions éloignées et communautés isolées, notamment par les soucis causés par la collecte et la mise en commun de la MO et le manque de débouchés directement sur place pour l'utilisation des produits créés (ex. : compost).

Un calcul basé sur l'opposition entre les avantages et inconvénients de chacun des modes de gestion permet de mettre de l'avant une série de facteurs environnementaux, économiques, techniques et sociaux. Un jugement critique peut alors être fait sur la base de ces facteurs pour déterminer l'orientation à préconiser pour opérationnaliser la gestion des MO selon les diverses catégories territoriales du Québec suggérées dans le cadre de l'essai.

L'analyse met en lumière les éléments suivants :

- La réduction à la source de la MO par compostage domestique est préconisée ou réalisable partout, à l'exception des zones urbaines à cause du manque d'espace et des problèmes de voisinage potentiel;
- Le recyclage de la MO par compostage industriel ou biométhanisation (digestat) est préconisé partout, à l'exception des régions éloignées et communautés isolées;
- La valorisation thermique de la MO par combustion avec cogénération est préconisée pour les régions éloignées et communautés isolées;
- Les modes de gestions par pyrolyse et gazéification sont non réalistes, car les enjeux techniques et économiques limitent beaucoup leur application;
- Lorsque possible, une synergie des modes de gestion serait à favoriser (ex. : compostage domestique et industriel, le premier permettant de réduire le volume de MO, ce qui peut réduire la fréquence des collectes pour le deuxième).

La prise en considération de ces éléments et des résultats des grilles d'analyse permet d'émettre une série de recommandations dans le chapitre 6 de l'essai.

## 6. RECOMMANDATIONS

Cette section présente une série de recommandations qui tiennent compte de l'analyse réalisée et des données mises de l'avant dans ce document. Elles ont pour but d'orienter la filière de gestion des MO pour atteindre les objectifs de la Politique.

- **Réviser les échéances pour concrétiser les objectifs fixés par la 3<sup>e</sup> Politique.**

Compte tenu des chiffres de 2012 sur la performance globale de recyclage de la MO, soit seulement 16% de la MO générée, il est irréaliste de croire que l'objectif de bannissement total de la MO des sites d'élimination sera atteint en 2020, alors même que le seuil des 60 % de recyclage en 2015 n'a même pas été concrétisé.

En 2012, seulement 244 000 tonnes de MO résidentielle avaient été prises en charge par les installations de traitement, alors que la quantité totale à traiter était de 1 546 000 tonnes. Il y a donc un manque important d'infrastructures pour permettre la prise en charge de ces volumes.

La mise en place des mesures de gestions devrait être suivie par l'observation des réactions du marché et des acteurs de la filière des MO. Une évaluation de ces réactions permettrait ensuite d'adapter les mesures aux réalités des divers intervenants et des infrastructures en bonifiant ou en créant d'autres mesures.

Selon les réactions et résultats de la performance de traitement, il serait alors plus réaliste de fixer un échéancier plus précis qui tiendrait compte des tendances observées et des objectifs gouvernementaux.

- **Mettre en place un cadre de gestion adapté aux objectifs.**

Le bannissement doit se traduire par des mesures permettant de concrétiser l'objectif de la Politique. Actuellement, la Politique s'est orientée vers une approche contraignante en choisissant le bannissement, au niveau règlementaire, de la MO des sites d'élimination en 2020. Cette approche doit être inclusive à l'égard d'autres mesures d'ordre volontaires et incitatives. Des mesures volontaires sont efficaces si elle n'engendre pas de contraintes trop importantes pour les participants, par exemple, le triage à la source au moyen d'un bac brun. Une utilisation adéquate des redevances à l'élimination et des subventions est une mesure incitative qui permet de favoriser des modes de gestion alternatifs comme le recyclage et la valorisation de la MO.

- **Imposer une collecte sélective à trois voies, dans la mesure où la logistique de transport et de traitement ne pose pas problème.**

Les statistiques démontrent de la faible représentativité de la collecte sélective à trois voies au sein des municipalités québécoises (MDDEP, 2012b). Or, ce type de collecte permet d'assurer une meilleure qualité de la MO acheminée vers les centres de traitement, puisqu'un contrôle quant aux résidus les composant est exercé à la source.

Une collecte séparative de la MO permet une diminution de la contamination physico-chimique de la matière collectée. De plus, la collecte de la 3<sup>e</sup> voie permet de récupérer autant les résidus verts et alimentaires, tout en permettant un taux de réacheminement variant de 50 à 75 %, ce qui est largement supérieur à celui des dépôts de récupération ou sites de collecte par apport volontaire (10 à 25 %).

Étant donné que les produits issus du recyclage de la MO résidentielle (compost et digestat) font face à une problématique d'utilisation (normes de qualité du BNQ), cette solution permet de réduire la proportion de compost/digestat produits à partir de résidus issus d'une collecte non sélective à l'égard des matières putrescibles. L'objectif est d'avoir accès à une source de MO nécessitant moins de traitements pour être plus facilement commercialisée.

Par ailleurs, cela faciliterait également le tri des bacs noirs en diminuant la fraction organique résiduelle, dans la mesure où un tel traitement est réalisé à un centre de tri. Cela faciliterait donc les opérations d'élimination des autres MR pour les municipalités.

- **Favoriser la gestion de la MO par la hiérarchie des 3RV.**

La réduction à la source doit primer dans tout choix de modes de gestion. Elle permet, d'une part, de diminuer les coûts de gestion pour la prise en charge de la matière (possibilités de collectes moins fréquentes), et, d'autre part, de diminuer le volume global de MO à traiter, ce qui peut permettre de réviser la capacité nécessaire des centres traitement, diminuant ainsi les investissements.

Le recyclage permet de produire une valeur ajoutée à la filière des MO résidentielles (compost/digestat), alors que l'élimination engendre, au contraire, des coûts supplémentaires pour l'enfouissement ou l'incinération de la MO. La valorisation, par gaz ou cogénération, est une autre forme de valeur ajoutée pour la filière.

Globalement, il est donc plus rentable de tirer un profit ou d'en diminuer au maximum les coûts de gestion de la MO que de déboursier pour son élimination. Cependant, l'analyse a aussi démontré qu'il n'est pas toujours préférable d'appliquer à la lettre la hiérarchie des 3RV. Il serait plus rentable, au niveau

environnemental et économique, de valoriser sur place la MO plutôt que de l'envoyer vers des centres de recyclage, particulièrement pour les collectivités nordiques et les régions éloignées.

- **Augmenter le nombre de centres de traitement municipaux ou régionaux pour le tri et le compostage des MO.**

Compte tenu des objectifs ambitieux de la Politique, il est évident que le flux de matières organiques récupérées est voué à augmenter. En conséquence, la capacité des centres de traitement pour le recyclage ou la valorisation de ces matières devra inévitablement s'ajuster à cette augmentation d'intrants. Le bannissement de l'élimination des MO prévu pour 2020 implique aussi que la qualité et l'efficacité du triage seront d'autant plus importantes.

Le nombre de centres de traitement devra augmenter et être localisé adéquatement sur le territoire, surtout pour les régions qui n'accueillent pas déjà de telles installations. Actuellement, ce sont 44 installations de compostage industriel (sous diverses formes) et 12 de biométhanisation qui desservent le territoire québécois (RECYC-QUÉBEC, 2017b). La capacité de traitement des centres existants devra être révisée, afin de savoir s'ils pourront répondre à la demande grandissante de leurs services.

- **Utiliser adéquatement la norme nationale sur les composts afin d'assurer l'acheminement des composts/digestats vers les usages appropriés en fonction de leur qualité.**

Les composts et digestats ne répondants pas aux critères AA, A ou B de la norme sont actuellement voués à l'élimination, ce qui ne sera en théorie plus possible à partir de 2020. On peut donc supposer que les critères de qualité des composts de type B seront un strict minimum à atteindre dans l'industrie du recyclage de la MO. Compte tenu des restrictions associées à l'utilisation des composts B, l'amélioration des techniques et des procédés sera nécessaire afin de faciliter la mise en marché des produits.

Les modifications envisagées pour la norme (tableau 2.2) sont ici d'autant plus intéressantes. Elles permettraient d'assouplir les possibilités d'utilisation des composts/digestats sans que cela ne représente une problématique au niveau agronomique ou de l'acceptabilité sociale d'une telle démarche.

- **Augmenter la recherche et le développement dans l'industrie du recyclage et de la valorisation de la MO.**

Puisqu'un enjeu majeur lié aux composts et digestats issus de la MO résidentielle est leur possibilité d'utilisation subséquente, il paraît évident qu'un besoin de développement de connaissances est présent. Des recherches sur les procédés de compostages et de biométhanisation doivent donc être effectuées afin



de favoriser une meilleure maîtrise des techniques pour assurer le contrôle de la qualité des composts et digestats.

Sur le plan de la valorisation, les technologies émergentes que sont la pyrolyse et la gazéification, appliquées à la MO résidentielle, représentent des modes de gestion intéressants, puisqu'elles permettent une prise en charge directe de l'ensemble des MR sans triage à la source. Cependant, l'état actuel de ces technologies présente trop de facteurs limitants pour une application efficace et rentable dans la GMR. Ces modes de gestion sont coûteux, ont des performances variables selon la composition des MR et leur acceptabilité sociale au Québec reste à démontrer.

De plus, les acteurs de la filière des MO sont toujours en attente des lignes directrices du gouvernement en ce qui a trait à la valorisation énergétique dans ce domaine.

- **Élargir le programme d'aide financière pour la gestion de la MO à diverses technologies.**

Le PTMOBC n'accorde une aide financière que pour les projets de type compostage ou biométhanisation. Or, l'analyse effectuée dans le cadre de cet essai a démontré qu'il était réalisable, voire même préconisé, d'orienter les solutions de traitement vers d'autres technologies. C'est notamment le cas de la combustion avec cogénération.

Même si pour certains facteurs, surtout sur le plan environnemental, les modes de gestion par compostage et biométhanisation offrent des avantages plus intéressants que la combustion avec cogénération, la prise en compte de la dimension territoriale nous démontre que celle-ci peut s'avérer être une solution plus profitable et viable à long terme. Pour répondre à un objectif de maximisation du traitement des volumes de MO partout au Québec, le programme d'aide financière présentement en vigueur devrait être révisé pour tenir compte de tous les scénarios et modes de gestion préconisés ou réalisables.

- **Assurer une communication et une transition efficaces des ressources entre les partenaires de la filière sur la gestion des MO résidentielles**

Une gestion intégrée de l'industrie des MO est à favoriser en vue de contribuer à son développement et de faciliter la mise en marché des produits à valeur ajoutée issue de la filière. Actuellement, l'AQIC agit déjà à ce niveau en favorisant la mise en place de marchés pour le compost. Dans les prochaines années, son rôle sera d'autant plus important puisque la production de compost augmentera certainement pour répondre aux objectifs de la Politique. La synergie entre les acteurs est essentielle pour que puisse se

concrétiser la transition entre un modèle de gestion de la MO par élimination vers une gestion 3RV efficiente.

- **Mettre en place et bonifier des mesures d'information, sensibilisation et éducation (ISE) pour la population**

La gestion séparée de la MO, dans le cas de l'instauration d'une collecte de la 3<sup>e</sup> voie ou pour des initiatives de réduction à la source, ne fait pas partie des habitudes de vie de la majorité de la population. Les enjeux et impacts économiques, sociaux, techniques et environnementaux sont méconnus des citoyens. La population doit être conscientisée à ces enjeux pour qu'une bonne transition de la gestion des MO puisse s'opérer. Par exemple, il s'agit ici de s'inspirer de l'expérience passée avec l'instauration de la collecte sélective du recyclage, qui fait désormais partie intégrante de la GMR au Québec et qui est très bien acceptée par la population.

## CONCLUSION

La 3<sup>e</sup> Politique québécoise de gestion des matières résiduelles a fixé d'ambitieux objectifs pour la GMR, notamment avec le bannissement complet de toute matière organique des sites d'élimination en 2020, ce qui inclut la MO d'origine résidentielle qui représente près de 1,5 million de tonnes par année. À terme, il s'agit d'un objectif qui contribue à un modèle où le résidu ultime soit la seule MR devant être prise en charge par un processus d'élimination. Cependant, avec une performance de recyclage d'environ 16 %, l'objectif est loin d'être atteint et les défis techniques, sociaux, économiques et environnementaux restent très grands pour la filière des MO. C'est notamment le cas lorsque l'on considère que cet objectif doit être appliqué sur l'ensemble du territoire québécois. Les spécificités territoriales doivent alors être prises en compte, afin de moduler les modes de gestion de la MO pour que ceux-ci soient le plus efficaces possible.

Une analyse du contexte territoriale du Québec a permis la proposition d'une typologie qui divise les régions de la province en quatre catégories : zone urbaine, zone suburbaine, collectivité nordique et régions éloignées ainsi que la zone rurale. Cette division tient compte de diverses caractéristiques, notamment la densité de population et l'isolement géographique vis-à-vis des infrastructures de traitement et des marchés.

Une évaluation des avantages et inconvénients a permis de mettre de l'avant les facteurs incitatifs et limitants pour chacun des modes de gestion, c'est-à-dire le compostage domestique et industriel, la biométhanisation, la pyrolyse, la gazéification et la combustion avec cogénération. La complexité des technologies, les investissements à faire, le niveau d'acceptabilité sociale ainsi que l'efficacité d'application à la MO sont parmi les principaux facteurs d'évaluation retenus.

La mise en relation de la typologie territoriale avec les modes de gestion a amené une classification de ceux-ci selon des contextes territoriaux précis, ce qui a déterminé si ces modes étaient réalisables, préconisés ou non-préconisés pour chacune des catégories de territoire.

L'analyse a mis en évidence que les modes de gestion par compostage domestique, industriel et par biométhanisation étaient les options les plus réalisables et préconisés pour la plupart des territoires. La combustion avec cogénération est, quant à elle, préconisée pour les collectivités nordiques et régions éloignées, car elle permet une valorisation sur place de la MO et utilisation de proximité de l'énergie produite.

Au regard des éléments abordés dans cet essai, il apparaît évident qu'une gestion lisse et universelle de la MO ne peut être efficacement appliquée à l'ensemble du territoire québécois. Aussi, il reste beaucoup de

chemin à faire pour rencontrer l'objectif de bannissement à l'échéance 2020. Pour y parvenir, une synergie des modes de gestion est à favoriser.

Les principales recommandations de l'essai vont donc en ce sens. D'abord, une application judicieuse de la philosophie des 3RV selon le contexte territorial. Ensuite, imposer la collecte de la 3<sup>e</sup> voie lorsqu'applicable, ce qui permet d'obtenir un gisement de MO d'une meilleure qualité que si elle était mélangée aux ordures ménagères et devait être triée. Finalement, la mise en place d'un cadre de gestion facilitant l'opérationnalisation des objectifs de la Politique.

Le bannissement des MO des sites d'élimination est un pas de plus vers une GMR ne devant traiter qu'une seule et unique chose en fin de vie : le résidu ultime. Le recyclage et la valorisation de toute autre catégorie de MR sont une gestion efficiente des ressources, en réduisant au maximum les pertes et diminuant la pression environnementale sur l'exploitation de matières premières vierges. À terme, la gestion par résidu ultime est appelée elle-même à laisser sa place à un autre modèle : celui de la société zéro déchet. Les défis sont complexes et les solutions doivent être modulées aux multitudes de critères sociaux, économiques, techniques et environnementaux dont il faut tenir compte. De profonds changements dans les habitudes de vies et les modèles économiques sont donc à prévoir pour répondre aux impératifs d'une GMR durable.

## RÉFÉRENCES

- Amarante, J. A. L. (2010) *Biométhanisation des déchets putrescibles municipaux – technologies disponibles et enjeux pour le Québec* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada.
- Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie (AQME). (2017a). Compostage et herbicyclage. *Ma municipalité efficace, section Efficacité énergétique et GES*. Repéré à <http://www.mamunicipaliteefficace.ca/182-efficacite-energetique-ges-compostage-et-herbicyclage.html#texte>
- Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie (AQME). (2017b). Biométhanisation. *Ma municipalité efficace, section Efficacité énergétique et GES*. Repéré à <http://www.mamunicipaliteefficace.ca/183-efficacite-energetique-ges-biomethanisation.html#texte>
- Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie (AQME). (2017c). Pyrolyse. *Ma municipalité efficace, section Efficacité énergétique et GES*. Repéré à <http://www.mamunicipaliteefficace.ca/188-efficacite-energetique-ges-pyrolyse.html#texte>
- Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie (AQME). (2017d). Gazéification conventionnelle. *Ma municipalité efficace, section Efficacité énergétique et GES*. Repéré à <http://www.mamunicipaliteefficace.ca/186-efficacite-energetique-ges-gazeification-conventionnelle.html#texte>
- Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie (AQME). (2017e). Incinération avec cogénération. *Ma municipalité efficace, section Efficacité énergétique et GES*. Repéré à <http://www.mamunicipaliteefficace.ca/185-efficacite-energetique-ges-incineration-avec-cogeneration.html#texte>
- Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie (AQME). (s. d.a). Fiche sommaire : Compostage domestique. Repéré à <http://www.mamunicipaliteefficace.ca/DATA/DOCUMENT/6.pdf>
- Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie (AQME). (s. d.b). Fiche sommaire : Centre de compostage extérieur. Repéré à <http://www.mamunicipaliteefficace.ca/DATA/DOCUMENT/7.pdf>
- Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie (AQME). (s. d.c). Fiche sommaire : Centre de compostage intérieur. Repéré à <http://www.mamunicipaliteefficace.ca/DATA/DOCUMENT/8.pdf>
- Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie (AQME). (s. d.d). Fiche sommaire : Biométhanisation. Repéré à <http://www.mamunicipaliteefficace.ca/DATA/DOCUMENT/5.pdf>
- Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie (AQME). (s. d.e). Fiche sommaire : Pyrolyse. Repéré à <http://www.mamunicipaliteefficace.ca/DATA/DOCUMENT/13.pdf>
- Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie (AQME). (s. d.f). Fiche sommaire : Usine de gazéification. Repéré à <http://www.mamunicipaliteefficace.ca/DATA/DOCUMENT/9.pdf>
- Association québécoise pour la maîtrise de l'énergie (AQME). (s. d.g). Fiche sommaire : Incinérateur avec système de cogénération. Repéré à <http://www.mamunicipaliteefficace.ca/DATA/DOCUMENT/10.pdf>
- Boiselle, N. (2011). *La récupération au Québec : diagnostic, comparaison avec la récupération en Europe et recommandations* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada.

- Communauté métropolitaine de Montréal (CMM). (2007). *Comparaison des technologies et des scénarios de gestion des matières résiduelles – Réalisée dans le cadre du PMGMR*. Repéré à [http://cmm.qc.ca/fileadmin/user\\_upload/documents/Etude\\_Technologies\\_PMGMR.pdf](http://cmm.qc.ca/fileadmin/user_upload/documents/Etude_Technologies_PMGMR.pdf)
- Côté, O. (2014). *Évaluation multicritère de différents scénarios de gestion des matières organiques résiduelles sur le Territoire de la MRC de Lac-Saint-Jean-Est* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec. Repéré à [https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais\\_2015/Cote\\_O\\_\\_2015-01-12\\_.pdf](https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais_2015/Cote_O__2015-01-12_.pdf)
- Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ). (2017). Biométhanisation de résidus d'origine animale. *CRiQ*. Repéré à <https://www.criq.qc.ca/fr/biomethanisation-de-residus-d-origine-animale.html>
- Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTÉI). (2013). Création d'une symbiose industrielle. Repéré à [http://www.synergiequebec.ca/\\_media/document/403/cttei-fr.pdf](http://www.synergiequebec.ca/_media/document/403/cttei-fr.pdf)
- Éco Entreprises Québec [EEQ]. (2015). Rapport synthèse – Caractérisation des matières résiduelles du secteur résidentiel. *EEQ*. Repéré à [http://www.ecoentreprises.qc.ca/documents/pdf/caracterisation\\_2012-2013\\_rapport\\_synthese\\_fr\\_final.pdf](http://www.ecoentreprises.qc.ca/documents/pdf/caracterisation_2012-2013_rapport_synthese_fr_final.pdf)
- Environnement Canada. (2013). Document technique sur la gestion des matières organiques municipales. Repéré à [https://www.ec.gc.ca/gdd-mw/3E8CF6C7-F214-4BA2-A1A3-163978EE9D6E/13-047-ID-458-PDF\\_accessible\\_FRA\\_R2-reduced%20size.pdf](https://www.ec.gc.ca/gdd-mw/3E8CF6C7-F214-4BA2-A1A3-163978EE9D6E/13-047-ID-458-PDF_accessible_FRA_R2-reduced%20size.pdf)
- Environnement et Changement climatique Canada. (2016). Rapport d'inventaire national 1990-2014 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada. Repéré à [https://www.ec.gc.ca/ges-ghg/662F9C56-B4E4-478B-97D4-BAABE1E6E2E7/2016\\_RIN\\_Sommaire\\_fr.pdf](https://www.ec.gc.ca/ges-ghg/662F9C56-B4E4-478B-97D4-BAABE1E6E2E7/2016_RIN_Sommaire_fr.pdf)
- Fédération canadienne des municipalités (FCM). (2017). Financement visant la gestion et la valorisation des matières résiduelles. *FCM, section Fonds municipal vert – Admissibilité*. Repéré à <http://www.fcm.ca/accueil/programmes/fonds-municipal-vert/ce-que-nous-finan%C3%A7ons/admissibilit%C3%A9/financement---mati%C3%A8res-r%C3%A9siduelles.htm>
- Forcier, F. et Laquerre, M. (2004). Filière des matières résiduelles compostables - Plan stratégique. Repéré à <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs1995502>
- Gouvernement du Québec. (2017). Le Québec – Géographie. *Portail Québec, section Géographie*. Repéré à <http://www.gouv.qc.ca/FR/LeQuebec/Pages/Geographie.aspx>
- Hébert, M. (2012). Les critères de qualité des composts du BNQ et du CCME. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/matieres/articles/criteres-compost-ccme-bnq.pdf>
- Institut de la statistique du Québec. (2016). Les habitudes de compostage des ménages québécois. Repéré à <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/environnement/compost-menage.pdf>
- Institut de la statistique du Québec (ISQ). (2017). Profils statistiques par régions et MRC géographiques. *ISQ, section Statistiques et publications*. Repéré à [http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/region\\_00/region\\_00.htm](http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/profils/region_00/region_00.htm)
- Loi sur la qualité de l'environnement*, L.R.Q., c. Q-2.

- Ministère des Affaires municipales et de l'Organisation du territoire (MAMOT). (2016). L'organisation municipale au Québec en 2016. Repéré à [http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/organisation\\_municipale/organisation\\_territoriale/organisation\\_municipale\\_2016.pdf](http://www.mamrot.gouv.qc.ca/pub/organisation_municipale/organisation_territoriale/organisation_municipale_2016.pdf)
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) (2012). Programme de traitement des matières organiques par biométhanisation et compostage (phase II). Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/programmes/biomethanisation/cadre-normatif2012-2019.pdf>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) (2014). Programme Aide aux composteurs domestiques et communautaires. Repéré à [http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/programmes/acdc/Programme%20ACDC\\_Cadre%20normatif\\_VF.pdf](http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/programmes/acdc/Programme%20ACDC_Cadre%20normatif_VF.pdf)
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2014a). Une saine gestion de vos matières résiduelles : un geste payant pour votre entreprise. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/matieres/valorisation/3RV.pdf>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2014b). Gestion des matières résiduelles en territoire nordique : Portrait de la situation. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/matieres/territoire-nordique/GMR-portrait-Nord.pdf>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2015). Lignes directrices pour la planification régionale de la gestion des matières résiduelles. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/matieres/valorisation/lignesdirectrices/ld-planification-regionale-gmr.pdf>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2016). Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2013 et leur évolution depuis 1990. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/changements/ges/2013/Inventaire1990-2013.pdf>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2017a). Les matières résiduelles. *Gouvernement du Québec*. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/matieres/inter.htm>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2017b). Programme de traitement des matières organiques par biométhanisation et compostage (PTMOBC). *MDDELCC, section Changements climatiques*. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/programmes/biomethanisation/>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2017c). Programme de traitement des matières organiques par biométhanisation et compostage. *MDDELCC, section Air*. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/programmes/biomethanisation/liste-projets.htm>

- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2017d). Redevances pour l'élimination de matières résiduelles. *MDDELCC, section Matières résiduelles – redevances*. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/matieres/redevances/>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC). (2017e). Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles (REIMR). *MDDELCC, section Matières résiduelles*. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/matieres/reimr.htm>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). (2011). Politique québécoise de gestion des matières résiduelles – Plan d'action 2011-2015 – Allier économie et environnement. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/matieres/pgmr/presentation.pdf>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). (2011b). Lignes directrices pour l'encadrement des activités de biométhanisation. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/programmes/biomethanisation/lignes-directrices-biomethanisation.pdf>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). (2012a). Lignes directrices pour l'encadrement des activités de compostage. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/matieres/valorisation/lignesdirectrices/compostage.pdf>
- Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). (2012b). Bannissement des matières organiques de l'élimination au Québec : état des lieux et perspectives. Repéré à <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/matieres/organique/bannissement-mat-organ-etatdeslieux.pdf>
- Olivier, M. J. (2016). *Matières résiduelles et 3RV-E : Bâtir l'économie circulaire* (2<sup>e</sup> éd.). Saint-Robert, Québec : Lab Éditions
- Perron, F. (2010). *Potentiel énergétique et gains environnementaux générés par la biométhanisation des matières organiques résiduelles au Québec* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec. Repéré à [https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2010/Perron\\_F\\_\\_17-11-2010\\_.pdf](https://www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais2010/Perron_F__17-11-2010_.pdf)
- Pilette, F. (2000). *Analyse des scénarios possibles de gestion des matières résiduelles putrescibles de la M.R.C. u Val-Saint-François* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec. Repéré à [http://val-saint-francois.qc.ca/documents/pdf\\_Documentation/compostage.pdf](http://val-saint-francois.qc.ca/documents/pdf_Documentation/compostage.pdf)
- RECYC-QUÉBEC. (2012). Gestion des matières organiques – Enjeux et défis. Repéré à <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/gestion-mat-org-enjeux-defis.pdf>
- RECYC-QUÉBEC. (2013). Table de concertation sur le recyclage des matières organiques – Plan d'action 2013-2015. Repéré à <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/plan-action-tcmo-2013-2015.pdf>
- RECYC-QUÉBEC. (2014). Bilan 2012 de la gestion des matières résiduelles au Québec. Repéré à <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/bilan-gmr-2012.pdf>
- RECYC-QUÉBEC. (2015). Normes et réglementations. *RECYC-QUÉBEC, section Matières organiques – Résidus verts et alimentaires*. Repéré à <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/municipalites/matieres-organiques/residus-verts/normes-reglementations>



- RECYC-QUÉBEC. (2015b). Le plan de gestion des matières résiduelles. *RECYC-QUÉBEC, section Municipalités – Mieux gérer – Plan de gestion des matières résiduelles*. Repéré à <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/municipalites/mieux-gerer/plan-gestion-matieres-residuelles>
- RECYC-QUÉBEC. (2015c). Guide pour les options de collecte. *RECYC-QUÉBEC, section Municipalités – Matières organiques – Résidus verts et alimentaires*. Repéré à <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/municipalites/matieres-organiques/residus-verts/documents-outils-pratiques-planification/guide-options-collecte>
- RECYC-QUÉBEC. (2017a). Le compostage domestique. *RECYC-QUÉBEC, section Citoyens – Matières organiques*. Repéré à <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/citoyens/matieres-organiques/compostage-domestique>
- RECYC-QUÉBEC. (2017b) Carte des lieux de compostage existants et projets annoncés au Québec. *RECYC-QUÉBEC, section Municipalités – Matières organiques – Résidus verts et alimentaire*. Repéré à <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/municipalites/matieres-organiques/residus-verts/documents-outils-pratiques-planification/carte-lieux-compostage>
- Régie de gestion des matières résiduelles de la Mauricie (RGMRM). (2017). Présentation de l'organisme. *RGMRM, section Secteurs d'activité*. Repéré à <http://www.rgmr.com/presentation/index.php>
- Réseau Mixte Technologique Biomasse et Territoires (RMTBT). (2009). Fiche procédés – Les technologies de pyrolyse. Repéré à [http://www.biomasse-territoire.info/fileadmin/site\\_bioteur/documents\\_bioteur/RMT\\_biomasse/505-Fiche\\_procede\\_pyrolyse.pdf](http://www.biomasse-territoire.info/fileadmin/site_bioteur/documents_bioteur/RMT_biomasse/505-Fiche_procede_pyrolyse.pdf)
- Robichaud, S. (2014). *Le bannissement des matières organiques au Québec en 2020 : Comment l'opérationnaliser ?* (Essai de maîtrise). Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada.
- SOLINOV. (2014). Analyse comparative des coûts de deux options de compostage pour la ville de Gatineau : infrastructures municipale dédiée et contrat de services privés. Repéré à [http://www.gatineau.ca/docs/la\\_ville/participation\\_citoyenne/consultations\\_publicques/consultations\\_publicques\\_2015/plan\\_gestion\\_matieres\\_residuelles/UsineCompostageSOLINOV.pdf](http://www.gatineau.ca/docs/la_ville/participation_citoyenne/consultations_publicques/consultations_publicques_2015/plan_gestion_matieres_residuelles/UsineCompostageSOLINOV.pdf)
- Ville de Saint-Hyacinthe. (2017). Environnement et matières résiduelles – Biométhanisation. *Ville de Saint-Hyacinthe, section Environnement et matières résiduelles*. Repéré à <http://www.st-hyacinthe.qc.ca/services-aux-citoyens/biomethanisation.php>